

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN**

TEMA:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN NODO_B EN
GUANGÜILTAHUA - QUITO PARA LA EXPANSIÓN POR
DEMANDA DE LA RED 3G/UMTS PARA LA CNT E.P.**

AUTOR: RICARDO JOSÉ CUCHALA MENESES

DIRECTOR: ING. ROBERTO MARCILLO

IBARRA – ECUADOR

2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento depongo mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de Identidad	100303399-8
Apellidos y Nombres	Cuchala Meneses Ricardo José
Dirección	Ibarra Francisco de Goya 1-33 y Luis Felipe Borja
E-mail	cuchalaricardo_88@hotmail.com
Teléfono Fijo	062950968
Teléfono Móvil	0979077897

DATOS DE LA OBRA	
Título	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN NODO_B EN GUANGÜILTAHUA - QUITO PARA LA EXPANSIÓN POR DEMANDA DE LA RED 3G/UMTS PARA LA CNT E.P.
Autor	Cuchala Meneses Ricardo José
Fecha	11 de Febrero de 2016
Programa	Pregrado
Título por el que se aspira	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	Ing. Roberto Marcillo



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Ricardo José Cuchala Meneses, con cédula de identidad Nro. 1003033998, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

3.- CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, al día 11 del mes de Febrero del 2016

Ricardo José Cuchala Meneses

100303399-8



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Ricardo José Cuchala Meneses**, con cédula de identidad Nro. 1003033998, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN NODO_B EN GUANGÜILTAHUA - QUITO PARA LA EXPANSIÓN POR DEMANDA DE LA RED 3G/UMTS PARA LA CNT E.P"**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, al día 11 del mes de Febrero del 2016

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Ricardo Cuchala", is written over a horizontal line. Below the line, the word "Firma" is printed.

Nombre: Ricardo José Cuchala Meneses

Cédula. 1003033998



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Ricardo José Cuchala Meneses, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de propiedad intelectual, reglamentos y normativas vigentes de la Universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in black ink, appearing to be "R. Cuchala", written over a horizontal line.

Ricardo José Cuchala Meneses

CL:1003033998



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

Certifico, que el presente trabajo de titulación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN NODO_B EN GUANGÜILTAHUA - QUITO PARA LA EXPANSIÓN POR DEMANDA DE LA RED 3G/UMTS PARA LA CNT E.P”**, fue desarrollado en su totalidad por el Sr. Ricardo José Cuchala Meneses, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Roberto Marcillo", is written over a horizontal line.

Ing. Roberto Marcillo

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

Principalmente dedico el desarrollo de este proyecto de titulación a nuestro padre todo poderoso y celestial que es mi Dios, ya que gracias a él y las fuerzas que me ha dado, ha permitido que me esfuerce por sacar adelante este proyecto.

De antemano dedico a mis padres quienes han sido mi apoyo, mi consejo y el pilar fundamental en el desarrollo de mi vida, tanto personal como profesional y frente a todas las adversidades y dificultades que se me han presentan en toda mi vida.

Y de igual forma a todas las personas que me han brindado su amor, amistad y consejos, mismas que me han permitido esforzarme más en culminar la meta que me he propuesto.

Ricardo J. Cuchala M.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento eterno a Dios por regalarme lo más preciado que es la vida y las fuerzas necesarias para enfrentar todas las dificultades que se me presenten.

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional en todo momento, ya que por ellos he luchado y no he decaído en todas las dificultades que se me han presentado en el transcurso de mi vida.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas por ser guías y consejeros en mi formación tanto académica y personal.

Al Ing. Jorge Noguera que fue un buen guía en la elaboración y desarrollo de este proyecto, por sus conocimientos y consejos dados para el mejoramiento de este proyecto.

Al Ing. Xavier Vallejos que fue la persona que me permitió desarrollar mi proyecto de titulación, y me facilitó toda la apertura en la culminación de este proyecto en la empresa D.I TELECOM.

A María José Valladares Correa quien ha sido una de las personas más importantes de mi vida, que me ha impulsado en seguir adelante sin decaer ante las dificultades que se me han presentado.

A familiares y amigos en especial a Jorge Luis Yépez mi mejor amigo que de alguna u otra manera ha formado parte en el transcurso de la culminación de mi proyecto de titulación, dándome consejos, apoyo y palabras de ánimo.

Gracias a todos.

Ricardo J. Cuchala M.

CONTENIDO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN NODO_B EN GUANGÜILTAHUA - QUITO
PARA LA EXPANSIÓN POR DEMANDA DE LA RED 3G/UMTS PARA LA CNT E.P.I

CONTENIDO	VIII
INDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XV
RESÚMEN	XVI
ABSTRACT	XVIII
PRESENTACIÓN	XX
CAPÍTULO I	1
1. ANTECEDENTES	1
1.1. NOMBRE DEL PROYECTO	1
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. Objetivo General:	3
1.3.2. Objetivos Específicos:	3
1.4. JUSTIFICACIÓN	4
CAPÍTULO II	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA 3G	5
2.1.1. Definición de la Tercera Generación (3G)	5
2.1.2. IMT-2000	6
2.2. EVOLUCIÓN DE LOS ESTÁNDARES 3G	7
2.2.1. Sociedad de Proyectos de Tercera Generación (3GPP)	7
2.2.2. Sociedad de Proyectos de Tercera Generación 2 (3GPP2)	8
2.3. ASPECTOS PRINCIPALES DE LA TECNOLOGÍA 3G	9
2.3.1. Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS)	9
2.3.1.1. Características principales de UMTS	9
2.3.2. Movilidad y Cobertura de la Tecnología UMTS	10
2.3.2.1. Tipos de Celdas UMTS	10
2.4. ARQUITECTURA DE LA RED UMTS	11
2.4.1. Equipo de usuario (UE)	12
2.4.2. Red de acceso de radio UMTS (UTRAN)	12
2.4.2.1. Nodo_B	12
2.4.2.2. Control de la Red de Radio (RNC)	13

2.4.3.	Red de Núcleo (CN)	13
2.4.3.1.	Central de Conmutación Móvil (MSC).....	13
2.4.3.2.	Nodo de Soporte del Servicio GPRS (SGSN).....	14
2.4.3.3.	Nodo de Soporte de Puerta de Enlace GPRS (GGSN).....	14
2.5.	INTERFACES QUE INTERVIENEN EN LA RED 3G/UMTS	15
2.5.1.	Interfaz Iub.....	15
2.5.2.	Interfaz Iu.....	15
2.5.2.1.	Interfaz Iu-cs	15
2.5.2.2.	Interfaz Iu-ps	16
2.5.3.	Interfaz de la Parte de Aplicaciones Móviles (MAP)	16
2.5.3.1.	Interfaz Gn.....	16
2.5.3.2.	Interfaz Gi	16
2.6.	Acceso Múltiple.....	16
2.6.1.	Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA)	17
2.6.1.1.	Características de FDMA	18
2.6.2.	Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)	18
2.6.2.1.	Características de TDMA.....	19
2.6.3.	Acceso Múltiple por División de Código (CDMA).....	20
2.6.3.1.	Técnicas CDMA.....	20
2.6.3.1.1.	Secuencia Directa (DS)	20
2.6.3.1.2.	Salto de Frecuencia Rápida (FFH)	21
2.6.4.	Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA)	21
2.6.4.1.	Funcionamiento de WCDMA	22
2.6.4.2.	Características de WCDMA.....	23
2.6.4.3.	Modos de operación de WCDMA.....	23
2.6.4.3.1.	Modo Duplexación por División de Frecuencia (FDD).....	24
2.6.4.3.2.	Modo Duplexación por División de Frecuencia (TDD).....	24
2.6.4.4.	Especificaciones de WCDMA	25
2.6.4.5.	Handover en WCDMA.....	25
2.6.4.5.1.	Soft Handover	26
2.6.4.5.2.	Hard Handover	26
2.6.4.5.3.	Handover entre Sistemas	26
2.6.4.6.	Canales Lógicos, de Transporte y Físicos de WCDMA	27
2.6.4.6.1.	Canales Lógicos	27
2.6.4.6.2.	Canales de Transporte	28

2.6.4.6.3. Canales Físicos	29
2.6.5. TÉCNICAS DE MODULACIÓN EN UMTS	31
2.6.5.1. Funciones Principales de la Modulación.....	31
2.6.5.2. Modulación de Enlace Descendente	32
2.6.5.3. Modulación de Enlace Ascendente	32
2.6.6. PÉRDIDA DE RETORNO (RL)	32
2.6.7. RELACIÓN DE VOLTAJE DE ONDA REFLEJADA (VSWR).....	33
3. INGENIERÍA DEL PROYECTO	35
3.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	36
3.2. ASIGNACIÓN DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS PARA LA CNT EP.....	36
3.2.1. Espectro utilizado en UMTS.....	36
3.3. DEFINICIÓN DE UN DRIVE TEST DE RF	38
3.3.1. Elementos Usados en Drive Test de RF	39
3.3.1.1. Computador portátil con software de muestreo	39
3.3.1.2. Teléfonos 3G.....	39
3.3.1.3. Modem 3G.....	39
3.3.1.4. Scanner	40
3.4. UBICACIÓN DE LA ZONA EN ANÁLISIS.....	40
3.4.1. Ruta de Prueba de Drive Test de RF.....	41
3.4.2. Código de Señal de Potencia Recibida (RSCP).....	42
3.4.3. Niveles de Energía de canal CPICH sobre Interferencia (E_c/I_o).....	45
3.4.4. Tasa de Error de Bloque en Enlace Descendente (BLER DL)	47
3.4.4.1. Soft Handover	49
3.4.5. Zonas de Exclusión y Análisis de Cobertura	50
3.5. RADIO DE BUSQUEDA, SITIO NOMINAL Y UBICACIÓN DE OPCIONES	51
3.5.1. Elección del Sitio Nominal	52
3.5.1.1. Elección de OPC1	52
3.5.1.1.1. Fotos Panorámicas de OPC1	53
3.5.1.1.2. Objetivos de Cobertura de la OPC1	55
3.5.1.1.3. Ubicación de Equipos y Antenas de la OPC1	56
3.5.1.2. Elección de OPC2	56
3.5.1.2.1. Fotos Panorámicas de OPC2.....	57
3.5.1.2.2. Objetivos de Cobertura de la OPC2	58
3.5.1.2.3. Ubicación de Equipos y Antenas de la OPC2.....	59
3.6. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES.....	60

3.7.	PREDICCIONES DE COBERTURA DEL SITIO NOMINAL ELEGIDO	62
3.7.1.	Diagrama de Radiación	62
3.7.2.	Inclinación de Antenas (Tilt)	65
3.7.3.	Tilt Mecánico	66
3.7.3.1.	Tilt Positivo	66
3.7.3.2.	Tilt Negativo	66
3.7.4.	Tilt Eléctrico	68
3.7.5.	Azimuth	70
3.7.6.	Modelo de Propagación	71
3.7.7.	Cálculo del Área de Cobertura de la Celda del Nodo_B	81
3.7.8.	Presupuesto del Enlace “LINK BUDGET”	83
3.7.8.1.	Resultados Link Budget	97
3.7.9.	Predicción de Cobertura RF UMTS de la OPC1	98
3.7.10.	Ubicación de Candidato	98
3.8.	DIMENSIONAMIENTO DE CANALES	102
3.8.1.	Dimensionamiento de Canales Fundamentales para Tráfico de Voz	102
3.8.2.	Dimensionamiento de Canales Fundamentales para Tráfico de Datos	106
3.9.	DIAGRAMA DE TRANSMISIÓN (TX)	110
3.10.	IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO NODO_B	111
3.10.1.	Equipos utilizados en la Instalación del Nodo_B	113
3.10.1.1.	Introducción DBS 3900	113
3.10.1.2.	Estructura del sistema Single BTS	115
3.10.1.3.	Descripción de los Componentes de Instalación del Nodo_B	124
3.11.	INTEGRACIÓN Y COMISIONAMIENTO DEL NODO_B	128
	CAPÍTULO IV	134
4.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	134
4.1.	COMPROBACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DEL NODO_B	134
4.1.1.	Pruebas con Mayor Relevancia en la Entrega del Nodo_B	134
4.1.1.1.	Verificación de Direcciones IP	134
4.1.1.2.	Pruebas de Conectividad para Interface Iub en modo IP RAN	135
4.1.1.3.	Pruebas Fotográficas de cambio de Cell ID en una llamada de 3G a 3G de la operadora CNT EP.	139
	CAPÍTULO V	148
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	148
5.1.	CONCLUSIONES	148

5.2. RECOMENDACIONES	149
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	151
GLOSARIO	154

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama en el tiempo de la evolución tecnológica móvil y lo que vendría a futuro.	8
Figura 2. Clasificación de celdas para UMTS.....	11
Figura 3. Topología de la red 3G-UMTS/HSPA+.....	11
Figura 4. Canales en Acceso Múltiple por División de Frecuencia.	17
Figura 5. Acceso Múltiple por División de Tiempo.....	19
Figura 6. Proceso de Ensanchamiento y Des-Ensanchamiento de señales.....	22
Figura 7. Secuencia de Codificación de WCDMA	23
Figura 8. Modos de operación WCDMA.	24
Figura 9. Diagrama a Seguir Para el Desarrollo de Ingeniería.	35
Figura 10. Elementos para Drive Test de RF.	38
Figura 11. Análisis de Cobertura en las zonas del Batan alto y Batan bajo.	40
Figura 12. Ruta de Prueba del Drive Test de RF.....	41
Figura 13. Niveles de RSCP tomado por el Escáner.	42
Figura 14. Niveles de RSCP tomados por el UE1.....	44
Figura 15. Niveles de Ec/Io tomados por el Escáner.....	45
Figura 16. Niveles de Ec/Io tomados por el UE1.....	46
Figura 17. BLER tomados por el UE1.	48
Figura 18. Datos de Soft Handover de UE1.	49
Figura 19. Especificación del punto de la zona de Exclusión-Predicción.....	50
Figura 20. Radio de búsqueda, sitio nominal y ubicación de opciones.....	52
Figura 21. VISTA GENERAL DE LA OPC1	52
Figura 22. Visualización de Obstáculos cada 30 grados	54
Figura 23. Sesión fotográfica cada 30 grados desde el punto norte de los alrededores de la OPC1	55
Figura 24. Vistas de Azimuth para Sector 1 y Sector 2.....	55
Figura 25. Ubicación de Equipos y Antenas de la OPC1.....	56
Figura 26. VISTA GENERAL DE LA OPC2.....	56
Figura 27. Sesión fotográfica cada 30 grados desde el punto norte de los alrededores de la OPC 2.	58

Figura 28. Vista de Azimuth en los Sectores 1 y 2.	59
Figura 29. Ubicación de Equipos y Antenas de la OPC 2.....	59
Figura 30. Importación de antena.	63
Figura 31. Configuración general de antena.....	63
Figura 32. Configuración lóbulo horizontal.	64
Figura 33. Configuración lóbulo vertical.	65
Figura 34. Inclinación o Tilt.	66
Figura 35. Tilt Mecánico.	67
Figura 36. Cálculo del Tilt Mecánico del Sector 1 y Sector 2.	68
Figura 37. Tilt Eléctrico.....	69
Figura 38. Cálculo del Tilt Eléctrico del Sector 1 y Sector 2.....	69
Figura 39. Orientación horizontal de Azimuth desde el punto cardinal norte de 0 a 360 grados	70
Figura 40. Orientación horizontal de Ázimuth desde el punto cardinal norte de 0 a 360 grados	71
Figura. 41. Área de Cobertura para una Celda Celular	82
Figura 42. Ubicación Geográfica del Punto Estático donde se realizan las pruebas de Throughput	85
Figura 43. Throughput UL existente en el punto estático.	85
Figura. 44. Ubicación del Candidato	99
Figura 45. Niveles de Cobertura Nodo_B.	100
Figura 46. Niveles de Cobertura del Sector 1.....	101
Figura 47. Niveles de Cobertura del Sector 2.....	101
Figura 48. Niveles de Cobertura incluido los Nodo_B vecinos.	102
Figura. 49. Nivel de penetración del total del mercado celular de CNT E.P.	103
Figura. 50. Tabla de Erlang B, para determinar el Número de Canales de Tráfico de Voz..	106
Figura. 51. Tabla de Erlang B, para determinar el Número de Canales de Tráfico de Datos	109
Figura. 52. Diagrama de TX del Nodo_B Guanguiltahua.....	110
Figura 53. Flujograma de los requerimientos necesarios para la implementación de un Nodo_B	113
Figura 54. Escenarios típicos de aplicación de la DBS3900.	114
Figura 55. Escenario estación base DBS3900.....	115
Figura 56. Apariencia física BBU3900.	116
Figura 57. Configuración típica de la BBU3900 en modo UMTS.....	117
Figura 58. Estructura lógica RRU3908.	119

Figura 59. Conexión física de equipos BBU con RRU y Antena	120
Figura 60. Antena AGISSON A19451811.....	121
Figura 61. Interconexión DBS3900.....	123
Figura 62. Equipos Proyectados (Losa de equipos).	124
Figura 63. Ubicación de Antenas Sectoriales.....	124
Figura 64. Recorrido de Escalerillas Horizontales y Verticales.....	125
Figura 65. Distribución de Unidades en la Parte Superior del Mini Shelter	125
Figura 66. Vista general del Mini Shelter.....	126
Figura 67. Visualización de versiones de software de la BBU.	129
Figura 68. Estado de Puertos de Transmisión.	130
Figura 69. Estado VSWR del Sistema Radiante por Sector Antes de Salir al Aire.	130
Figura 70. Estado VSWR del Sistema Radiante por Sector una vez Habilitados Sectores....	131
Figura 71. Direcciones IP configuradas de Gestión y Servicio.....	132
Figura 72. Prueba de Alarmas del Mini Shelter.	132
Figura 73. Prueba de Alarmas Normalizadas.	133
Figura 74. Ping entre la IP de servicio 10.41.226.133 al RNC 10.41.96.1.	137
Figura 75. Ping entre la IP de servicio 10.41.226.133 al Gateway 10.41.226.134.	137
Figura 76. Ping entre la IP de Gestión 10.64.229.9 al M2000 10.64.44.71.	138
Figura 77. Ping entre la IP de servicio 10.41.226.133 al IPCLOCK 10.41.132.1.	138
Figura 78. Visualización de Soft Handover a través de aplicación G-NetTrack Lite del UE.	139
Figura 79. VSWR 1-0.....	143
Figura 80. VSWR 1-1.....	143
Figura 81. VSWR 2-0.....	144
Figura 82. VSWR 2-1.....	144
Figura 83. Pérdida de Retorno 1-0.....	145
Figura 84. Pérdida de Retorno 1-1.....	146
Figura 85. Pérdida de Retorno 2-0.....	146
Figura 86. Pérdida de Retorno 2-1.....	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones Técnicas de WCDMA	25
Tabla 2. Bandas de frecuencia para la CNT E.P.	36
Tabla 3. Datos de Niveles de RSCP tomados por el Escáner.....	43
Tabla 4. Datos de Niveles de RSCP tomados por el UE1.	44
Tabla 5. Datos de Niveles de Ec/Io tomados por el Escáner.	46
Tabla 6. Datos de Niveles de Ec/Io tomados por el UE1.	47
Tabla 7. Datos de Plots de BLER tomados por el UE1.....	49
Tabla 8. Datos de Soft Handover de UE1.	50
Tabla 9. Características Técnicas entre Antenas Sectoriales para BTS3900 Agisson A19451811 y Katrein 742215	60
Tabla 10. Características Técnicas entre RRus para BTS3900; RRU 3908V2 y RRU 3942...	61
Tabla 11. Parámetros de configuración general de antena.	64
Tabla 12 Configuración lóbulo horizontal/vertical.	65
Tabla 13. Valores de factores multiplicativos SPM (Densamente Urbano).....	75
Tabla 14. Descripción de las pérdidas de clutter.	76
Tabla 15. Descripción de las pérdidas de clutter	76
Tabla 16. Datos Geográficos del Punto Estático	84
Tabla 17. Valores Máximo y Promedio del UMTS Throughput.....	86
Tabla. 18. Características principales del Cable RF	90
Tabla 19. Resultados obtenidos Link Budget en la banda 1900 MHz.	97
Tabla 20. Configuración Física del Sitio Nominal.	99
Tabla 21. Especificaciones BBU3900.	116
Tabla 22. Puerto módulo UPEU.....	118
Tabla 23. Propiedades eléctricas antena Agisson A19451811.....	122
Tabla 24. Propiedades mecánicas antena Agisson A19451811.	122
Tabla 25. Direcciones IP configuradas en los puertos FE/GE.	135
Tabla 26. Pruebas de PING entre el Nodo_B y RNC, IPCLOCK, M2000.....	136
Tabla 27. Valores predeterminados de VSWR de acuerdo al tipo de Antena a utilizar.....	141
Tabla 28. Pruebas de VSWR de Antena AGISSON A19451803.....	141
Tabla 29. Return Loss (RL) de todo el Sistema Radiante (Antena/Feeder/Jumper ó Antena/Jumper).	142

RESÚMEN

El presente proyecto consiste en el diseño e implementación de un Nodo_B en Guanguiltahua - Quito para la expansión por demanda de la red 3G/UMTS para la CNT E.P, de tal manera que mejore la cobertura y servicios móviles en los sectores del Batán Alto y Batán Bajo de la zona norte de Quito.

Inicialmente se realizó la fundamentación teórica del plan de red UMTS, analizando sus más relevantes características, arquitectura, equipos utilizados para la implementación del Nodo_B y los servicios que puede brindar esta tecnología en el entorno de las telecomunicaciones.

Para determinar el problema de cobertura en los sectores antes mencionados, se realizó un análisis de cobertura a través del drive test de RF, con una ruta diseñada con las calles más relevantes de los dos sectores. Los resultados obtenidos en el drive test de RF permiten considerar la búsqueda de un sitio donde sea posible la implementación de un nuevo Nodo_B que cumpla con los objetivos de RF en mejorar la cobertura en estos dos sectores de la zona norte Quito.

Al ser identificado el problema de cobertura, para el diseño de la red 3G/UMTS se inicia con la elección del sitio que técnicamente se los denomina OPC1 y OPC2, los cuales deben considerarse bajo los criterios de todas las áreas de interés para el proyecto. Si el análisis realizado en sitio es el más adecuado a nivel de ingeniería se procede a la elaboración de un Technical Site Survey (TSS), a través del cual se adquieren todos los datos obtenidos en la inspección de campo, permitiendo verificar las dimensiones de los elementos estructurales así como el estado en la que se encuentra la edificación.

Considerando los estudios realizados por obra civil y descrito en la Norma ANSI/TIA 222F, se determina que la estructura tiene la capacidad suficiente para soportar las cargas gravitacionales y sobrecargas provenientes de la instalación de los equipos de telecomunicaciones del sistema radiante, sistema de transmisión, energía y mástiles los cuales se encuentran fijos y ubicados en las columnas de la terraza del edificio, y principalmente cumpliendo con los objetivos de cobertura y línea de vista, para los tres tipos de mástiles con alturas que varían entre 3, 6 y 9 metros, considerando que el

requerimiento de la altura del mástil a utilizar depende única y principalmente de la línea de vista que exista en la zona de cobertura que se desea alcanzar; análisis que se verificó en la sesión fotográfica realizada en la terraza cada 30°, por lo tanto al contar con línea de vista se utilizó únicamente mástiles de 3m.

Tomando en cuenta los análisis realizados por obra civil y una vez instalados todos los equipos de telecomunicaciones, se efectúa el comisionamiento e integración del Nodo_B, configurando las IPs de Gestión y de Servicio, permitiendo la comunicación con la RNC y el acceso a la MPLS de la Operadora.

Al culminar el proceso de comisionamiento se efectúa la entrega del sitio a través de un Protocol Test Acceptance (ATP), documento en el cual se analizan todos los equipos de telecomunicaciones instalados y operativos, con las respectivas pruebas de funcionamiento; en la cual el Operador confirmó que el Nodo_B cumple con los requerimientos necesarios para la entrega, determinando como requerimientos del nuevo Nodo_B alcanzados.

ABSTRACT

This Project consist in the design and implementation of a B_Node in Guanguiltahua – Quito to the expansion for demand of the 3G/UMTS network to CNT E.P., so as to improve the coverage and mobile services in the Batan Alto and Batan Bajo sectors in the north zone of Quito.

Initially the theoretical foundation of UMTS network plan, analyzing its most important features, architecture, equipment used for the implementation of Node_B and services that can provide this technology in the telecommunications environment was performed.

To determine the coverage problem in the aforementioned sectors, coverage analysis was performed using RF test drive with a route designed with the most important streets of the two sectors. The results obtained in the test drive enable RF consider finding a site where the implementation of a new Node_B that meets the objectives RF improve coverage in these two sectors in the north Quito possible.

Being identified the coverage problem for the design of 3G / UMTS network starts with the choice of site that technically are called OPC1 and OPC2, and agreements between all areas of interest for the project. If the analysis in site is best suited to engineering level we proceed to the elaboration of a Technical Site Survey (TSS), through which all the data collected in the field inspection are acquired, allowing verify the dimensions of the structural elements as well as the state in which the building is located.

Considering the studies by civil works and described in the ANSI / TIA 222F standard, it is determined that the structure has sufficient capacity to withstand the gravitational loads and overloads from installing telecommunications equipment radiant system, transmission system, energy and masts which are fixed and placed in the columns of the roof of the building, and mainly fulfilling the objectives of coverage and line of sight, which analyzes and specifies three types of masts with heights ranging from 3, 6 and 9 meters, whereas the requirement mast height and to use depends mainly line of sight exists in the area of coverage to be achieved; analysis was verified on the photo shoot on the deck every 30 °, therefore to have line of sight is only 3m masts used.

Taking into account the analysis performed by civil works and once installed all telecommunications equipment, commissioning and integration of Node_B is done by configuring the IP Management and Service, allowing communication with the RNC and access to MPLS the operator.

Upon completion of the commissioning process delivery site is done through a Acceptance Test Protocol (ATP), a document in which all equipment installed and operational, with the respective telecommunications operating tests are analyzed; in which the operator confirmed that the Node_B meets the requirements for delivery, determining as requirements of the new Node_B achieved.

PRESENTACIÓN

En la actualidad las telecomunicaciones han avanzado a niveles superiores, siendo la clave para desarrollo de las TICs; esto ha permitido que exista una gran demanda por parte de los usuarios, en beneficiarse de los múltiples servicios que hoy en día pueden brindar y proveer la telefonía móvil, tanto en servicios de voz, datos y video; con grandes ventajas como fácil acceso a sus servicios y altas velocidades de transmisión de datos y descarga de los mismos.

UMTS emerge con el fin de integrar tecnologías posteriores y superiores a ella; permitiendo su compatibilidad y flexibilidad en el uso de sus aplicaciones y servicios, en exigencia de los usuarios en cuanto a servicios y aplicaciones de alta velocidad. Permitiendo que cada dispositivo móvil sea diseñado con mayores capacidades y prestaciones, las mismas que compartan los principales requerimientos de los usuarios, como es el uso de nuevas experiencias en tecnología móvil.

El presente proyecto consiste en el diseño e implementación de un Nodo_B en Guanguiltahua - Quito para la expansión por demanda de la red 3G/UMTS para la CNT E.P, de tal manera que mejore la cobertura y servicios móviles en los sectores del Batán Alto y Batán Bajo de la zona norte de Quito.

Tomando en cuenta que el Nodo_B es una estación bajo tecnología 3G/UMTS, es flexible en adquirir e implementar nuevas tecnologías en su misma infraestructura; permitiendo así migrar a la tecnología LTE, de tal manera que se podrá apreciar los diferentes cambios tanto en arquitectura como en funcionamiento y más aún cuan viable resulta la incorporación de esta nueva tecnología bajo una infraestructura ya existente.

CAPÍTULO I

1. ANTECEDENTES

En este capítulo se realiza la descripción del Problema, Objetivos y Justificación del tema propuesto.

1.1. NOMBRE DEL PROYECTO

“Diseño e Implementación de un Nodo_B en Guanguiltahua - Quito para la expansión por demanda de la red 3G/UMTS para la CNT E.P”

UBICACIÓN:

Ciudad: Quito

Provincia: Pichincha

País: Ecuador

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

D.I TELECOM es una empresa especialista en el desarrollo de proyectos y servicios en Telecomunicaciones, Networking y Seguridad a nivel nacional; la misma que trabaja conjuntamente con Huawei Technologies CO. LTD., para ofrecer soluciones a su principal cliente que es la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P., Huawei Technologies CO. LTD. al ser proveedor a nivel nacional e internacional de equipos y soluciones en telecomunicaciones, permite mantener activa la telefonía móvil mediante proyectos a gran escala como son actualmente 3GE y LTE, dando servicio a zonas donde la cobertura aun es limitada; para esto intervienen 4 áreas importantes las cuales son: Wireless, RF o Radio Frecuencia, Obra Civil y Energía, dichas áreas se encargan de levantar, energizar, instalar y poner en servicio una radio base. D.I TELECOM siendo una empresa netamente de proyectos en telecomunicaciones se involucra directamente

como contratista en el proyecto 3GE de la CNT E.P., cumpliendo con el diseño e implementación del sistema radiante y Wireless para cada radio base.

Debido a la falta de servicios móviles y cobertura de la CNT E.P en los sectores del Batán Alto y Batán Bajo de la zona norte de Quito, se debe implementar medidas técnicas que respondan a las expectativas de los usuarios; tomando en cuenta que la CNT E.P no está realizando una transición de tecnologías; por el contrario está expandiendo su red 3G/UMTS a través de un Nodo_B o Radio Base, ya que en estos sectores antes mencionados se presenta una gran apertura en acceso a datos móviles por la gran afluencia de usuarios; los mismos que son afectados en la comunicación móvil entre ellos.

La empresa DI TELECOM a través de un convenio con Huawei Technologies CO., LTD. para el proyecto 3GE; presentan una solución que facilita al usuario tener acceso a datos móviles que ofrece la CNT E.P a nivel nacional y específicamente en la ciudad de Quito en los sectores antes mencionados; mediante el diseño e implementación de un Nodo_B o Radio Base en Guanguiltahua; para dar solución a la falta de cobertura y servicios móviles que ofrece a sus usuarios.

La solución para la falta de cobertura y servicios móviles en los sectores del Batán Alto y Batán Bajo; es la implementación de una radio base la cual se la elaborará mediante un diseño que presenta D.I TELECOM, el cual se realizará por etapas, partiendo desde la ubicación geográfica de la estación, hasta la operatividad del Nodo_B el cual brindará servicios móviles tanto en voz y datos a los usuarios de la CNT E.P., mejorando así la cobertura de la red móvil nacional y optimizando el uso del espectro radioeléctrico.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General:

Mejorar la cobertura y los servicios móviles en los sectores del Batán Alto y Batán Bajo de la zona norte de Quito a través de la Radio Base 3G ubicada en la estación Guangüiltahua.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Analizar la base teórica de la tecnología 3G/UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), principios de funcionamiento, arquitectura de red, así como elementos y equipos utilizados en este tipo de red y los servicios que puede ofrecer.
- Realizar el diseño del Nodo_B mediante un reporte de inspección técnica del sitio o Technical Site Survey (TSS) para la instalación y validación del Nodo_B, como del sistema radiante, sistemas de transmisión y Wireless a través del software Network Optimization Toolkit (U-NET).
- Realizar la instalación de equipos tanto del sistema radiante, sistemas de transmisión y wireless, en la estación Guangüiltahua basados en un HandBook del proyecto CNT 3G.
- Efectuar el comisionamiento e integración del Nodo_B Guangüiltahua a la red 3G de la CNT E.P mediante la utilización del software Local Maintenance Terminal (LMT).
- Realizar las pruebas de aceptación tanto en instalación, comisionamiento e integración y sistemas radiantes a través del software Local Maintenance Terminal (LMT) y G-NET TRACK.

1.4. JUSTIFICACIÓN

La empresa D.I TELECOM está ubicada en la ciudad de Quito, provincia de Pichincha; la cual entró en funcionamiento en el año 1990 y actualmente se encuentra situada en las calles Arosemena Tola N36-79 Y Martínez Mera, sector el Batán Alto. Esta es una empresa conformada por un grupo de profesionales especialistas en el desarrollo de proyectos y servicios en Telecomunicaciones, Networking y Seguridad, la misma que brinda la mejor relación beneficio-costeo a su inversión, proyectos de calidad, respaldo, cumplimiento y garantía.

D.I TELECOM conjuntamente con Huawei Technologies CO., LTD al dar soluciones en las TICs, facilitará a la CNT E.P el cumplimiento de sus objetivos que son: brindar servicios de calidad a sus clientes y cubrir huecos de cobertura que impiden el acceso móvil a usuarios; presentando como solución a este problema la expansión por demanda de la red 3G/UMTS, que permitirá brindar servicio a zonas o sectores en los cuales es limitada la cobertura, específicamente en los sectores del Batán Alto y Batán Bajo de la zona norte de Quito.

Tomando en cuenta que la realización de este proyecto contribuirá en el avance en las telecomunicaciones en el país y en especial al proyecto gubernamental de la CNT E.P, que es brindar servicios de comunicación óptima a sus usuarios y optimizar el uso del espectro radioeléctrico. La misión de la CNT E.P es mejorar el servicio a sus clientes; para esto D.I TELECOM conjuntamente con Huawei presentan una propuesta para dar soporte a la falta de cobertura en los sectores del Batán Alto y Batán Bajo de la zona norte de Quito; esta oferta se enfoca en el diseño e implementación de un Nodo_B o Radio Base el cual se orienta en el proyecto para la expansión por demanda de la red 3G/UMTS de la misma operadora, esta propuesta presenta un gran beneficio ya que los equipos utilizados en este tipo de Nodo; brindan una gran flexibilidad para adherir tecnologías contiguas como es 4G-LTE y también permitiendo la interoperabilidad entre usuarios.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA 3G

Para el desarrollo de este capítulo se analiza la base teórica de la tecnología 3G/UMTS; que conlleva aspectos como: definición de la tecnología 3G, evolución de la tecnología móvil a través del estándar 3GPP, aspectos principales de UMTS, servicios que puede brindar UMTS, espectro utilizado en este tipo de Nodo_B, arquitectura de la red UMTS, tipo de modulación WCDMA, protocolo y elementos que conforman la red de acceso de radio (UTRAN), equipos de instalación para el Nodo_B e introducción a las antenas inteligentes usadas para este tipo de red.

2.1.1. Definición de la Tercera Generación (3G)

“3G es una tecnología celular que permite comunicaciones de voz, video y datos a velocidades altas y permite servicios como navegación web y video”. (García Cogorro, y otros, 2004, pág. 19). A su vez son sistemas móviles de tercera generación bajo el nombre de IMT-2000¹.

3G incluye gran afluencia de nuevos servicios como la videoconferencia y la voz mejorada, el acceso a Internet, localización, videojuegos, música y un sin fin de soluciones que ayudarán a las características de las redes 3G, con referencia a altas velocidades en navegaciones de la Internet, portabilidad y penetración en la población de los dispositivos móviles.

3G/UMTS es la tecnología móvil de banda ancha que es totalmente estandarizada, es decir, no propietaria. Se maneja sobre un espectro con licencia y entrega un servicio general así como movilidad absoluta. Las redes de 3G brindan mayor capacidad que las redes GSM en cuanto a que proporcionan soporte de video con calidad admisible.

¹ **Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000** es el estándar global para la tercera generación de redes de comunicaciones, formó dos grupos para la normalización de redes terrenales: 3GPP y 3GPP2.

La tecnología 3G manifiesta el siguiente salto evolutivo de los sistemas móviles en la cual se pretende realizar avances, con relación a la primera y segunda generación; por otro lado el estándar 3G está fuertemente atado a los primeros estándares de 2G (GSM, GPRS, EDGE).

2.1.2. IMT-2000

El estándar mundial para redes inalámbricas de Tercera Generación (3G) desarrollado y aprobado por la UIT² es IMT-2000. Definido como un conjunto de recomendaciones interdependientes que constituye el marco para el acceso a nivel mundial y permite conectar diversos sistemas terrestres o por satélite. (Chimbo Rodríguez, 2012, pág. 24).

Los objetivos de IMT-2000 que afirma (Chimbo Rodríguez, 2012, pág. 25) son:

- ✓ Proporcionar una cobertura a nivel mundial permitiendo a las unidades móviles cambiar de sistemas y de redes.
- ✓ Uso de terminales móviles, con capacidad de largo alcance y capacidad para acceder a servicios multimedia.
- ✓ Aumento de la compatibilidad de las interfaces de radio con el fin de operar en distintos entorno o medios, tales como automóviles, personas en movimiento y en oficinas, permitiendo de esta forma utilizar una red común.
- ✓ Alta velocidad de transmisión de datos, con capacidad para soportar tanto conmutación de circuitos como de paquetes, así como sistemas multimedia. Las capacidades mínimas específicas son:
 - Entorno de vehículos: 144 kbps
 - Entorno pedestre: 384 kbps
 - Entorno en interior de oficinas : 2.048 Mbps
 - Entorno de satélite: 9.6 kbps
- ✓ Eficiencia espectral, flexibilidad en el uso y reducción de costos, como resultado de la utilización de nuevas tecnologías.

² La Unión Internacional de Telecomunicaciones es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y la comunicación – TIC.

IMT-2000 surgió con el objetivo de destacar las limitaciones y falencias de los sistemas móviles de la segunda generación y adoptó este término para referirse a los estándares de interfaces radioeléctricas que forman parte de la tercera generación. (Chimbo Rodríguez, 2012, pág. 26)

2.2. EVOLUCIÓN DE LOS ESTÁNDARES 3G

A medida que la tecnología crece en un nivel acelerado cada generación en los sistemas móviles evolucionan, permitiendo así el desarrollo de las TICs a nivel mundial.

Si bien es cierto que la tecnología 3G es una mejora de generaciones posteriores a ella; también es flexible en admitir una tecnología superior como lo es 4G LTE, esto a través del grupo de estandarización 3GPP y 3GPP2³.

2.2.1. Sociedad de Proyectos de Tercera Generación (3GPP)

3GPP es el grupo agente de la estandarización de la tecnología UMTS. Fue creado en diciembre de 1998 con el principal objetivo de desarrollar las especificaciones técnicas de las redes móviles de tercera generación a partir del sistema existente GSM.

Su objetivo inicial fue posteriormente extendido para incluir avances de los sistemas GSM, tales como GPRS o EDGE.

3G/UMTS amplifica la capacidad del sistema, lo que permite a los proveedores de servicios móviles, contar con un mayor número de usuarios de voz y datos, con menor costo que generaciones anteriores. UMTS trabaja con WCDMA como tecnología de acceso al medio. Esta tecnología es denominada como una técnica radioeléctrica con un espectro ensanchado de banda ancha.

El 3GPP sita a los sistemas móviles de tercera generación como UMTS; para promover el uso de la Red de Acceso de Radio UMTS (UTRAN) en el IMT-2000.

³ La Sociedad de Proyectos de Tercera Generación 2 es la encargada de la evolución hacia redes CDMA 2000.

2.2.2. Sociedad de Proyectos de Tercera Generación 2 (3GPP2)

3GPP2 es la comisión encargada de la evolución de CDMA⁴ a la tercera generación, técnicamente CDMA consiente que diversos radios compartan las mismas frecuencias y puedan estar activas por un largo tiempo, ya que la capacidad de la red no limita directamente el número de radios activos.

La evolución de CDMA tiene la denominación de CDMA 2000 1xEV. (Mayorga, 2001, pág. 64), afirma la implementación de dos etapas aprobadas por la UIT, estas etapas se listan a continuación:

- ✓ 1xEV-DO: 1x Evolution Data Only “Evolución sólo de datos”
- ✓ 1xEV-DV: 1x Evolution Data and Voice “Evolución de datos y voz”

Las dos evoluciones trabajan sobre una portadora de 1,25 MHz, con velocidades mayores a 2 Mbps.

En la Figura 1, se detalla la ranura de tiempo en donde se encuentran las fechas de lanzamiento a cada evolución tecnológica, tipos de tecnología y la velocidad que alcanza cada una de las diferentes evoluciones.

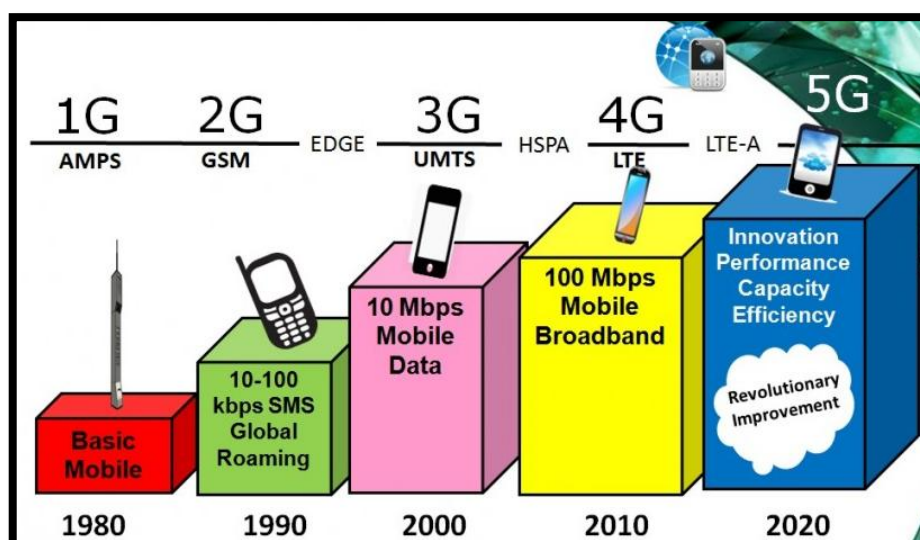


Figura 1. Diagrama en el tiempo de la evolución tecnológica móvil y lo que vendría a futuro.
Fuente: Recuperado de “Evolución tecnológica móvil”, <http://revistafibra.info/tag/fibra-optica/>

⁴ Acceso Múltiple por División de Código es un término genérico para varios métodos de multiplexación o control de acceso al medio basado en la tecnología de espectro expandido.

2.3. ASPECTOS PRINCIPALES DE LA TECNOLOGÍA 3G

Con la evolución progresiva de las tecnologías móviles a nivel mundial, han permitido que cada usuario tenga acceso a la red móvil. Es así que el IMT-2000 proyectó la creación de múltiples sistemas apoyados en diferentes tecnologías, siendo los principales estándares que destacaron como parte de las mejoras para 3G: UMTS y HSPA+.

2.3.1. Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS)

UMTS tiene como objetivo combinar los elementos de las redes fijas y móviles. Esto permitirá que los operadores actuales de 2G dispongan de un camino de transición suave, pasando por GPRS y EDGE, mediante la reutilización de parte de su infraestructura, y por ende permitiendo el paso progresivo de la nueva tecnología 4G LTE.

2.3.1.1. Características principales de UMTS

UMTS se apoya directamente con el protocolo Internet IP, ofrece a sus usuarios telefonía de alta calidad, transmitir imágenes, comunicaciones de vídeo, así como también servicios de voz y datos.

La cobertura es limitada ya que depende de las condiciones en las que se encuentre el usuario, (Chimbo Rodríguez, 2012, pág. 84) afirma que las velocidades de transmisión varían dependiendo de la movilidad:

- ✓ Hasta 10 km/h (usuarios sin movilidad) = 2 Mbps.
- ✓ Sobre 100 km/h (limitada movilidad) = 384 Kbps
- ✓ A partir de 500 km/h (rápida movilidad) = 144 Kbps

Con estas velocidades existe compatibilidad con redes GPRS y EDGE en zonas donde existe cobertura UMTS y capacidad en el cambio de celda para incremento de cobertura y balance de carga, a través de la conmutación basada mayormente en paquetes, por ende las comunicaciones son menos costosas.

Las redes 3G ofrecen mayor grado de seguridad en comparación con las anteriores tecnologías 2G, al permitir al UE autenticar la red a la que se está conectando y existe integración de diferentes servicios en una sola conexión.

2.3.2. Movilidad y Cobertura de la Tecnología UMTS

UMTS al ser un sistema global, contiene componentes terrestres y componentes satelitales. Por lo cual pueden estar en funcionamiento los sistemas de segunda generación (2G), debido a que trabaja con terminales multimodo, así como las bandas GSM 900, 800, 850, 1800 y 1900, teniendo una mayor extensión y un mayor alcance de muchos servicios UMTS. Siendo un alto beneficio la utilización de estos terminales, por el motivo que permitirá utilizar el roaming desde una red privada hacia una red pública picocelular y microcelular; posteriormente a una red macrocelular de una área con múltiples abonados, y finalmente a una red satelital, sin mayores inconvenientes de interrupción o cortes en la comunicación entre usuarios. (Chimbo Rodríguez, 2012, pág. 89)

2.3.2.1. Tipos de Celdas UMTS.

Existen tres tipos de celdas UMTS, (Chimbo Rodríguez, 2012, pág. 90) afirma, picoceldas, microceldas y macroceldas, cada una con características determinadas, tal como se muestra en la Figura 2.

- a. Macrocelas:** Ofrecen cobertura celular en grandes áreas abiertas, de entre 1 y 40 km, a una velocidad de transmisión de datos de 114 kbps.
- b. Microcelas:** Ofrecen cobertura celular en áreas urbanas y autopistas, un rango de entre 50 a 1000 metros, con velocidades de 384 kbps.
- c. Picoceldas:** Su uso es en entornos residenciales e interiores de oficinas, radios inferiores a 50 metros, con velocidades del orden de los 2 Mbps.

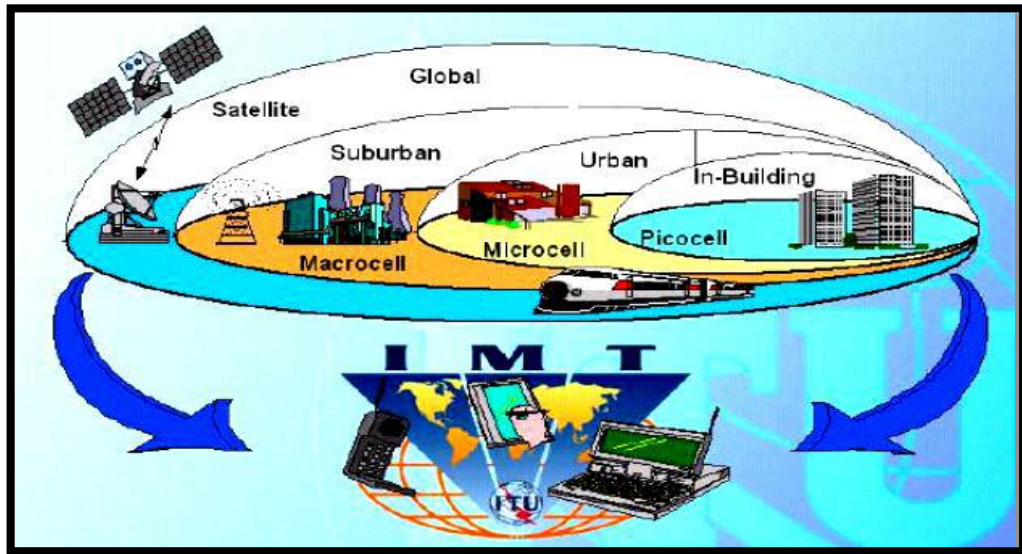


Figura 2. Clasificación de celdas para UMTS.

Fuente: Recuperado de Evolución de 3g y su Convergencia a 4g en Comunicaciones Móviles; Sr. Néstor Fierro Morineaud.

2.4. ARQUITECTURA DE LA RED UMTS

La red central común utiliza los mismos elementos de red que GPRS y GSM, y al relacionarse con una red de nueva generación, la red 3G/UMTS está conformada por un equipo de usuario, la red de acceso y la red de núcleo. Tal como se muestra en la Figura 3.

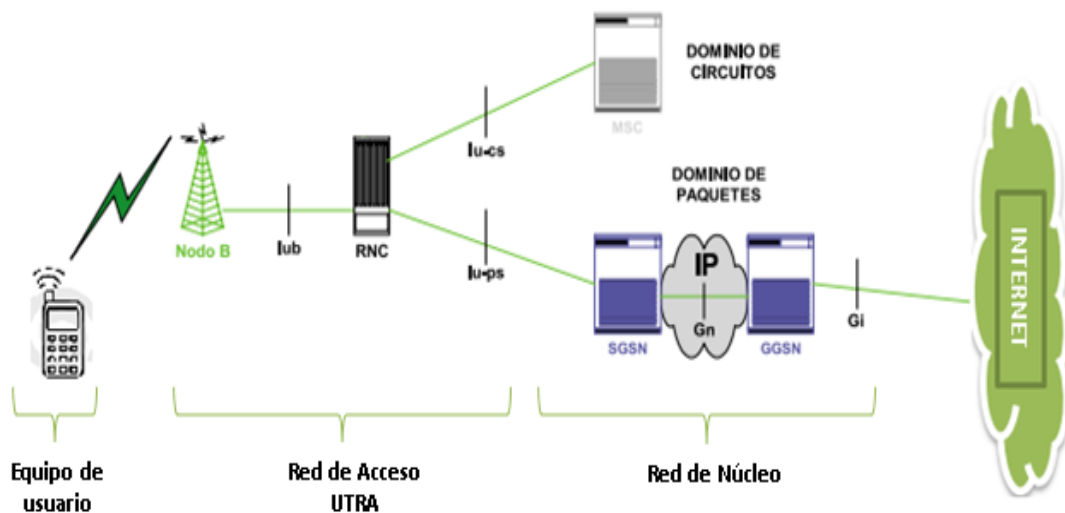


Figura 3. Topología de la red 3G-UMTS/HSPA+.

Fuente: Recuperado de Arquitectura UMTS.

http://www.cossio.net/alumnos/curso_2011_2012/iker/tercera_eva/umts.html.

2.4.1. Equipo de usuario (UE)

El UE o dispositivo móvil tiene como función establecer la comunicación con el Nodo_B, en zonas donde existe cobertura; puede variar en forma y tamaño, también debe ser adecuado para soportar el estándar y los protocolos para los que fue diseñado. En este caso, si un UE opera con en el estándar UMTS, debe ser competente para acceder a la red UTRAN a través de la tecnología WCDMA, permitiendo la comunicación entre dispositivos móviles, comunicación con la ISDN⁵, la PSTN⁶ o sistemas como GSM de 2.5G, para obtener servicios de voz y datos.

2.4.2. Red de acceso de radio UMTS (UTRAN)

Permite establecer la conexión entre los equipos de usuario y la red de núcleo, UTRAN está constituida por varios elementos, entre ellos se encuentran, el Nodo_B y la RNC, dichos elementos permiten el control y acceso a los servicios de voz y datos según los requerimientos establecidos por el Nodo_B y solicitados por el UE.

2.4.2.1. Nodo_B

El Nodo_B es el equivalente en UMTS a la Estación Transmisora Receptora Base de GSM; el Nodo_B brinda servicio a una o más celdas, dependiendo a la zona de cobertura que desea alcanzar.

Las funciones que cumple el Nodo_B, (Donate Prieto, 2012, pág. 32), afirma:

- ✓ El control de potencia de lazo cerrado en el Up Link.
- ✓ Reportar las mediciones de la interferencia en el Up Link y la información de la potencia en el enlace Down Link.
- ✓ Transmisión de los mensajes de información del sistema de acuerdo con el horario determinado por el RNC.
- ✓ Mapeo de los recursos lógicos del Nodo_B en los recursos de Hardware.

⁵ **Red Digital de Servicios Integrados** es un protocolo estándar de red de comunicaciones, que contempla tanto las comunicaciones de voz, como las de datos, transmitiendo ambas en formato digital, y a distintas velocidades, según el tipo de línea, todas ellas más rápidas y seguras que la línea analógica convencional de teléfono RTB (Red Telefónica Básica).

⁶ **Red Telefónica Pública Conmutada** es una red con conmutación de circuitos tradicional optimizada para comunicaciones de voz en tiempo real. Cuando llama a alguien, cierra un conmutador al marcar y establece así un circuito con el receptor de la llamada.

2.4.2.2. Control de la Red de Radio (RNC)

En el caso de la red 3G-UMTS, se tiene una sola RNC que controla uno o varios Nodos_B. El RCN gestiona y controla la información transmitida al Nodo_B a través de la Interfaz Iub. A su vez gestiona los servicios de voz y datos conmutados por la Red de Núcleo, mismo enlace se realiza mediante las interfaces principales Iu-cs e Iu-ps.

Las funciones del RNC (Donate Prieto, 2012, pág. 33) afirma:

- ✓ Control de potencia de lazo abierto para Up Link.
- ✓ Control de potencia para Down Link.
- ✓ Manejo de reportes.
- ✓ Manejo de los recursos de transporte de la interfaz Iu.
- ✓ Manejo de la información del sistema y de los horarios de la información del sistema.
- ✓ Manejo de Tráfico en los canales comunes y compartidos.
- ✓ Modificación del grupo activo de celdas (Cambio de celda)

2.4.3. Red de Núcleo (CN)

La red de núcleo se encarga de gestionar los servicios de voz y datos, a través de la utilización de dos elementos tales como son: conmutación de circuitos y conmutación de paquetes.

2.4.3.1. Central de Conmutación Móvil (MSC)

La MSC se encarga de los procesos basados en conmutación de circuitos (cs), misma usada en sistemas GSM como UMTS. A su vez, se conecta a la red de acceso GSM y a la red UTRAN a través de la interfaz Iu-cs.

Sus principales funciones (Donate Prieto, 2012, pág. 35), afirma:

- ✓ Coordinación en la organización de llamadas de todos los móviles en la jurisdicción de un MSC.
- ✓ Asignación dinámica de recursos
- ✓ Registro de ubicación.
- ✓ Funciones de interoperabilidad con otro tipo de redes.
- ✓ Manejo de los procesos de cambio de celda.
- ✓ Colectar los datos para el centro de facturación.
- ✓ Manejo de parámetros para la encriptación.
- ✓ Intercambio de señalización entre las distintas interfaces.
- ✓ Manejo de la asignación de frecuencias en el área del MSC.

2.4.3.2. Nodo de Soporte del Servicio GPRS (SGSN)

El SGSN su función se caracteriza en la movilidad del equipo de usuario, además de proveer el acceso a la red de datos móviles, desde el internet, a su vez autentifica y asigna la mejor calidad del servicio a cada equipo de usuario.

El SGNS realiza las funciones basadas en conmutación de paquetes, (Donate Prieto, 2012, pág. 36), afirma:

- ✓ Contiene la información de suscripción de usuarios.
- ✓ La información de ubicación y el área en la que el móvil está registrado.
- ✓ Mantiene actualizada la posición de las estaciones móviles dentro de su área.
- ✓ Retransmisión de los datos entre el terminal GPRS y el SGSN.

2.4.3.3. Nodo de Soporte de Puerta de Enlace GPRS (GGSN)

El GGSN es la puerta de enlace o punto central de conexión entre la estación móvil con redes externas que puede ser internet o una red corporativa, a través de la conmutación de paquetes, teniendo como características principales (Donate Prieto, 2012, pág. 36), afirma:

- ✓ Recibir datos externos desde la Internet y enviarlos hacia la SGSN que controla el terminal a través de la red de núcleo mediante el protocolo de túnel GPRS.
- ✓ Recibir datos de señalización desde la red de núcleo y configurar la operación correspondiente.
- ✓ Realiza el control del túnel de datos, el manejo de las direcciones IP.
- ✓ La recolección y salida de los ficheros de tarificación.
- ✓ El control de la seguridad, encaminamiento de paquetes y la gestión de la calidad de servicio.

2.5. INTERFACES QUE INTERVIENEN EN LA RED 3G/UMTS

Las interfaces en el sistema UMTS siguen la convención GSM/GPRS y se clasifican de acuerdo a las funciones que desempeñan en la arquitectura 3G/UMTS. (Cruz, Ortega Romero, & Andrade Mora, 2010, pág. 12), afirman:

2.5.1. Interfaz Iub

Esta interfaz está situada entre la RNC y el Nodo_B en el UTRAN, para soportar servicios de voz y datos ofrecidos a los usuarios o suscriptores UMTS.

2.5.2. Interfaz Iu

Esta interfaz conecta el núcleo de red con el UTRAN, la cual es considerada como un punto de referencia y la más principal para el concepto de 3GPP. La interfaz Iu puede tener dos tipos de instancias físicas para conectar a dos diferentes elementos de la red de núcleo, todo dependiendo si se refiere de una red basada en: conmutación de circuitos o conmutación de paquetes.

2.5.2.1. Interfaz Iu-cs

Esta interfaz interviene en el enlace entre el UTRAN y el MSC, es únicamente para la conmutación de circuitos, misma que es utilizada para la transmisión del servicio de voz hacia el equipo de usuario.

2.5.2.2. Interfaz Iu-ps

Esta interfaz se encarga de conectar el UTRAN con el SGSN, es únicamente para la conmutación de paquetes, misma que es utilizada para la transmisión del servicio de datos hacia el equipo de usuario.

2.5.3. Interfaz de la Parte de Aplicaciones Móviles (MAP)

Las interfaces que existen entre algunos elementos del núcleo de red son llamadas interfaces MAP y son utilizadas como protocolos de señalización.

Las tecnologías GPRS y GSM introdujeron interfaces nombradas con la letra G con una pequeña letra, mismas mostradas en la Figura 3, (Cruz, Ortega Romero, & Andrade Mora, 2010, pág. 13), afirman:

2.5.3.1. Interfaz Gn

Esta interfaz se encuentra ubicada entre SGSN y GGSN, misma interfaz es utilizada para soportar la movilidad entre SGSN y GGSN. En esta interfaz se emplea el protocolo de túnel GPRS basado en IP, para llevar datos de usuario y señalización. Puede tener diferentes configuraciones para los canales físicos asociado a la interfaz Gn tales como: Ethernet, ATM, entre otros.

2.5.3.2. Interfaz Gi

Esta interfaz está presente solamente en el GGSN. Es la interfaz mediante la cual se accede a las redes de datos externas y en las especificaciones se definen los siguientes protocolos: IPv4, IPv6 y X25.

2.6. Acceso Múltiple

Dentro del esquema de la red de radio celular, se puede visualizar como un sistema de comunicación multi-usuario, en el cual la mayoría de usuarios comparten recursos físicos comunes para transmitir y recibir información. El recurso de la celda es una banda de frecuencias dentro del espectro radioeléctrico. Es por ello que existen múltiples

técnicas de acceso, en las que diversos usuarios pueden enviar la información a través del canal común para el receptor.

Estos métodos básicos de multi-acceso, (Cueva Vargas & Santacruz Paz, 2010, pág. 22), afirman:

2.6.1. Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA)

FDMA es el método de acceso al medio, utilizado principalmente en sistemas analógicos y puede funcionar combinado con TDMA en sistemas digitales, en donde cada canal o portadora transporta una llamada.

Esta técnica de acceso asigna canales individuales dividiendo el espectro disponible en N subcanales, tal como se muestra en la Figura 4.

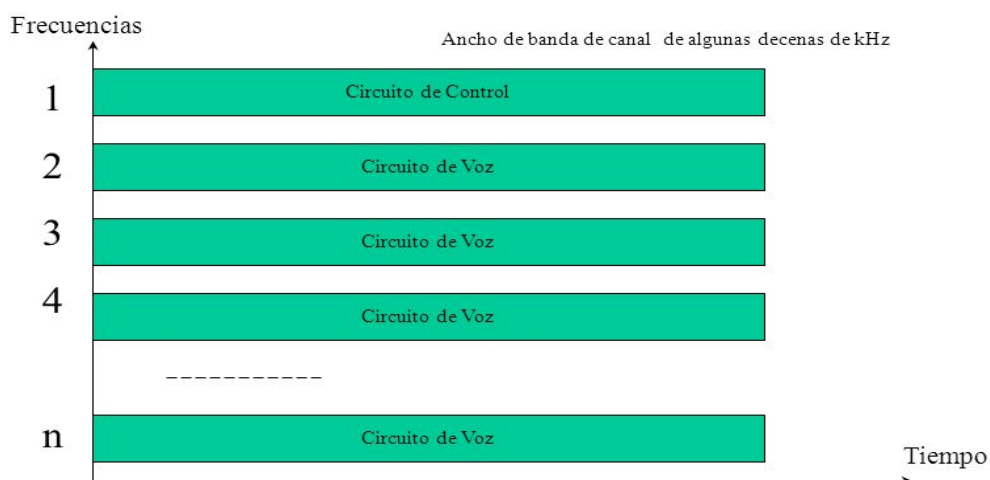


Figura 4. Canales en Acceso Múltiple por División de Frecuencia.

Fuente: Recuperado de Comunicaciones Móviles, GSM, GPRS, EDGE, <http://slideplayer.es/slide/1101555/>; Roberto Murget

Existe una falencia en cuanto a esta técnica de acceso y es el hecho de que los canales no deben estar muy cerca entre sí, es decir cada canal de frecuencia deben ser separados por bandas de guarda para eliminar la interferencia inter-canal.

2.6.1.1. Características de FDMA

Entre las principales características, (Cueva Vargas & Santacruz Paz, 2010, pág. 22), afirman:

- ✓ Los canales FDMA transportan un circuito de voz por portadora.
- ✓ Desperdicia recursos ya que si un canal no es utilizado, permanece libre, por lo tanto otro usuario no puede usarlo para compartir o incrementar su capacidad.
- ✓ Al ser asignado un canal de voz, la estación base y el dispositivo móvil transmite de manera simultánea y continua.
- ✓ Costo alto de equipos fijos.
- ✓ Requiere de filtros de RF estrechos para minimizar la interferencia de canal adyacente.
- ✓ Complejidad del cambio de celda, por transmisión continua.

2.6.2. Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)

Fue la primera opción a FDMA, la misma que se basa en sistemas digitales, compitiendo a su vez con CDMA. Con respecto a FDMA tiene mayor capacidad y velocidad de transmisión. Esta técnica de acceso se divide el espectro de radio en slots de tiempos, en el cual cada slot es solamente designado a un usuario, el mismo que es permitido transmitir o recibir.

Los canales de Up Link y Down Link en TDMA pueden existir en bandas de frecuencia distintas (FDD-TDMA) o multiplexar el tiempo en la misma banda (TDD-TDMA). La portadora se divide en N intervalos de tiempo (IT) y puede ser utilizada de manera compartida por N terminales, esta técnica es principalmente Semiduplex como se muestra en la Figura 5.

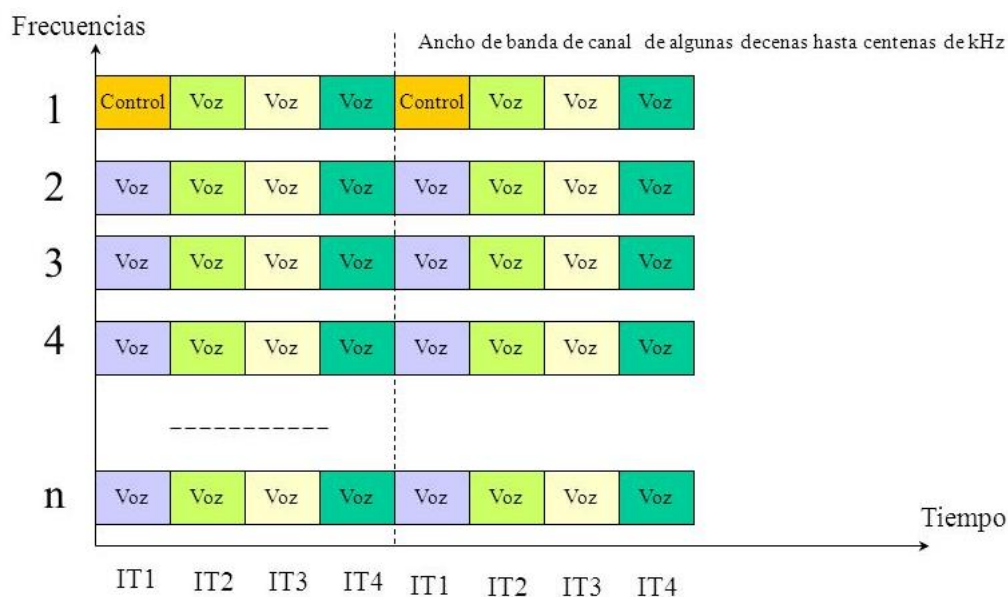


Figura 5. Acceso Múltiple por División de Tiempo.

Fuente: Recuperado de Comunicaciones Móviles, GSM, GPRS, EDGE, <http://slideplayer.es/slide/1101555/>; Roberto Murget

En el sistema TDMA/TDD, la mitad de los time slot de la trama correspondientes a los mensajes de información deben ser usados para los canales de enlace ascendente y la mitad deben ser usados para el enlace descendente.

En el sistema TDMA/FDD, la frecuencia es diferente para el enlace ascendente y descendente, este sistema induce intencionalmente varios time slots de retardo entre los time slots directos y reversos de un usuario en particular, así los duplexores no son requeridos en la unidad de usuario.

2.6.2.1. Características de TDMA

Entre las principales características, (Cueva Vargas & Santacruz Paz, 2010, pág. 23), afirman:

- ✓ La transmisión de datos en TDMA ocurren en ráfagas, ello resulta en un bajo consumo de energía.
- ✓ Costos bajos de equipos fijos.
- ✓ Por motivo de la transmisión discontinua en TDMA, el proceso de cambio de celda es más simple para la unidad del usuario, ya que carece de la posibilidad de escuchar a otras estaciones base durante los time slots libres.

- ✓ La ecualización adaptativa es normalmente necesario, debido a que la tasa de transmisión es más alta en relación a FDMA.
- ✓ El tiempo de resguardo debe ser minimizado.

2.6.3. Acceso Múltiple por División de Código (CDMA)

Esta técnica basado en el espectro expandido, dentro de este campo los datos ocupan un mayor ancho de banda. Para expandir el espectro, se inserta en la transmisión un código independiente para la secuencia de los datos. Por lo tanto, se puede identificar múltiples usuarios simultáneamente sobre la misma banda de frecuencia.

En lugar de compartir el ancho de banda disponible en la frecuencia o en el tiempo, CDMA dispone de todos los nodos en el mismo ancho de banda al mismo tiempo.

En CDMA, la señal de banda estrecha es multiplicada por una señal con un ancho de banda extenso, la cual es una secuencia de códigos aleatorios, que tiene una velocidad superior a la velocidad de los datos de los mensajes, es decir, la transmisión de varios usuarios es aislada a través de un código único que ha sido establecido para cada usuario.

2.6.3.1. Técnicas CDMA

2.6.3.1.1. Secuencia Directa (DS)

DS-CDMA es un método de codificación de canal en espectro ensanchado para transmisión de señales digitales sobre ondas radiofónicas que más se utilizan. Con este método a cada estación se le atribuye una secuencia pseudoaleatoria, que debe estar bien acoplada de las otras secuencias. Por ende este método tiene una mejor eficiencia espectral. (Cueva Vargas & Santacruz Paz, 2010, pág. 23)

a. Características de DS-CDMA

Entre sus principales características, (Cueva Vargas & Santacruz Paz, 2010, pág. 23), afirman:

- ✓ Gran número de circuitos por portadora.

- ✓ Anchos de banda importantes (1 a 10 MHz).
- ✓ Densidad de potencia irradiada muy baja.
- ✓ Muy alta complejidad del terminal móvil.
- ✓ Baja probabilidad de interceptación por terceros.
- ✓ Confidencialidad asegurada.
- ✓ Necesidad del control de potencia para maximizar el número de usuarios que se comunican al mismo tiempo.
- ✓ Handover mejorado
 - Permite handover sin corte o soft-handover minimizando la probabilidad de pérdida de la señal recibida por la estación base.
 - Cada móvil se puede comunicar con varias estaciones al mismo tiempo.

2.6.3.1.2. Salto de Frecuencia Rápida (FFH)

FFH-CDMA es un método de codificación en donde el código se utiliza para generar una secuencia única de salto de frecuencia para cada estación. Es muy utilizado en sistemas militares para prevenir o evitar las interferencias.

Se clasifica en dos tipos, (Murguet, 2004, pág. 61), afirma

- a. Salto de frecuencia lenta (SFH), en este tipo de salto la velocidad de datos es un múltiple entero de la frecuencia de salto. En donde cada salto de frecuencia se transmiten muchos símbolos.
- b. Salto de frecuencia rápido (FFH), en este tipo de salto la frecuencia de salto es un múltiplo entero de la velocidad de datos. Durante la emisión de un símbolo, se producen varios saltos de frecuencia.

2.6.4. Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA)

WCDMA es utilizada dentro del esquema de acceso a UTRAN. A su vez incrementa las velocidades de transmisión de datos para mayor satisfacción del usuario. Posee el mismo concepto de CDMA con códigos ortogonales lo que hace que la tasa de transmisión se extienda; además de ensanchar el espectro. Esta técnica de acceso de radio emplean los sistemas de 3G de banda ancha, como servicios de alta velocidad para acceso a internet y transmisión de imágenes de alta calidad.

La información puede separarse por la característica de ortogonalidad de los distintos códigos usados, tomando en cuenta dos usuarios con distintos niveles de potencia, con una señal de origen y una señal ensanchada, mismas que para el proceso de des-ensanchamiento de señales, se realiza una suman de señales tal como se ilustra en la Figura 6.

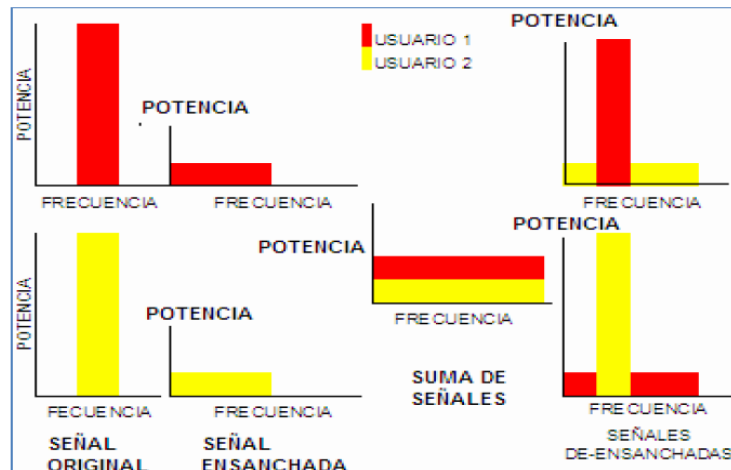


Figura 6. Proceso de Ensanchamiento y Des-Ensanchamiento de señales.

Fuente: Recuperado de “Estudio de Factibilidad de la implementación de una red UMTS en la ciudad de Guayaquil”, (Cruz, Ortega Romero, & Andrade Mora, 2010)

2.6.4.1. Funcionamiento de WCDMA

WCDMA utiliza códigos con una velocidad mayor a la señal de transmisión. A los bits que forman el código digital WCDMA se les denomina chips para distinguirlos de los bits de usuario.

El código WCDMA se utiliza para transformar en el transmisor la señal del usuario en una señal de banda ancha, y para distanciar en el receptor las diferentes comunicaciones que conllevan una misma portadora. Los códigos WCDMA se plantean para que posean entre ellos una correlación y se denominan códigos ortogonales, tal como se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Secuencia de Codificación de WCDMA

Fuente: Recuperado de “Estudio de Factibilidad de la implementación de una red UMTS en la ciudad de Guayaquil”, (Cruz, Ortega Romero, & Andrade Mora, 2010)

A su vez WCDMA su modulación la ejecuta con QPSK⁷, obteniendo el re-uso total de las frecuencias.

2.6.4.2. Características de WCDMA

Dentro de este campo WCDMA, (Cruz, Ortega Romero, & Andrade Mora, 2010, pág. 16), afirman:

- ✓ Soporte de alta tasa de transmisión de datos: 384 Kbps con amplia zona de cobertura, y 2 Mbps, con cobertura local.
- ✓ Alta flexibilidad de servicio: Con soporte de múltiples servicios paralelos a tasa variable en cada conexión.
- ✓ Construido en soporte para futura capacidad y cobertura reforzada, como tecnologías con antenas adaptivas, estructuras avanzadas de recepción y diversidad de transmisión.
- ✓ Eficiente acceso a paquetes y soporte de FDD y TDD.

2.6.4.3. Modos de operación de WCDMA

Existen dos modos de funcionamiento para WCDMA en UMTS, uno es la duplexación por división de frecuencia (FDD) y la duplexación por división de tiempo

⁷ **Modulación por Desplazamiento Cuadrafásica**, se refiere a una técnica para variar la fase de una onda portadora, una onda de amplitud y de frecuencia fija y mediante la aplicación de una señal digital, de modo que pueda llevar una señal en las transmisiones de radio o televisión.

(TDD). Tal como se muestra en la Figura 8, (Cruz, Ortega Romero, & Andrade Mora, 2010, pág. 18), afirman:

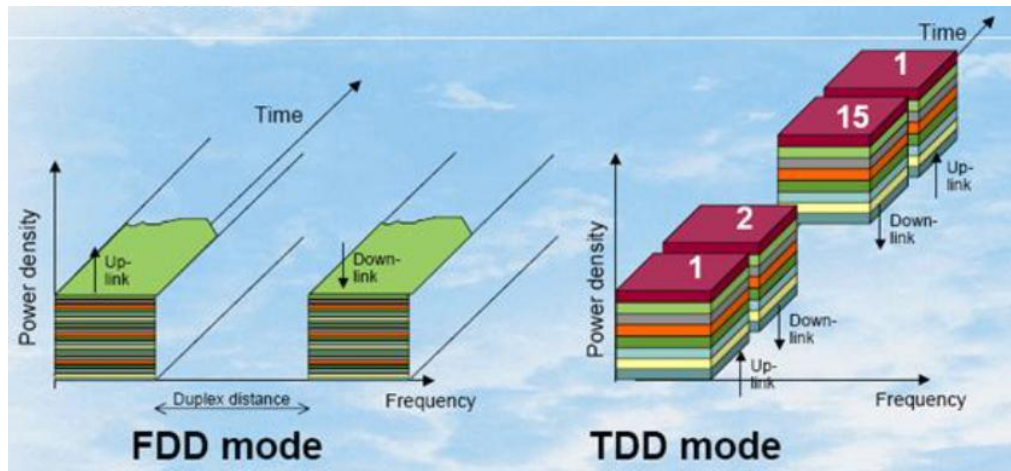


Figura 8. Modos de operación WCDMA.

Fuente: Recuperado de “Estudio de Factibilidad de la implementación de una red UMTS en la ciudad de Guayaquil”, (Cruz, Ortega Romero, & Andrade Mora, 2010)

2.6.4.3.1. Modo Duplexación por División de Frecuencia (FDD)

El Modo FDD es una técnica que no necesita sincronización, ya que emplean dos bandas de frecuencia separadas, esto significa que tanto el transmisor como el receptor operan en diferentes frecuencias, tomando en cuenta que la estación base debe ser capaz de enviar y recibir al mismo tiempo, alterando levemente la frecuencia a la que envía y recibe. Este modo de operación es referido como modo dúplex, ya que realiza el planeamiento de radio más fácil y eficiente, porque las estaciones base no se escuchan entre ellas, permitiendo transmitir y recibir en diferentes sub-bandas evitando que se interfieran entre ellas.

2.6.4.3.2. Modo Duplexación por División de Frecuencia (TDD)

El modo TDD es una técnica que necesita sincronización, ya que convierte un canal simplex en un canal dúplex, separando las señales enviadas y recibidas en intervalos de tiempos diferentes sobre el mismo canal, así los intervalos de tiempo en un canal físico se asignan para los flujos de datos de transmisión y de recepción; este proceso de conversión lo realiza a través de la técnica TDMA. En el entorno de operación de UMTS, el modo TDD se considera más adecuado para proporcionar servicios de datos en entornos microcelulares o de interiores, y no tanto para entornos macrocelulares, debido a la

necesidad de disponer de sincronización entre las estaciones base y a los problemas originados por las interferencias no controladas.

2.6.4.4. Especificaciones de WCDMA

La tasa de chip podrá ampliarse a dos o tres veces el estándar de 3.84 Mbps para dar cabida a velocidades de datos superiores a los 2 Mbps. Es por ello que se detalla a continuación en la Tabla 1 las especificaciones técnicas de WCDMA.

Tabla 1. Especificaciones Técnicas de WCDMA

ESQUEMA DE ACCESO MÚLTIPLE	DS-CDMA
ESQUEMA DE DUPLEXACIÓN	FDD/TDD
PAQUETE DE ACCESO MODO DUAL	Canal combinado y dedicado
ESQUEMA DE TASA MULTI RATE/VARIABLE	La difusión de factor expandido variable y multi-código
CHIP RATE	3.84 Mbps
PORTADORA ESPACIADA	4.4 – 5.2 MHz (200 KHz portador)
LONGITUD DE TRAMA	4.4 – 5.2 MHz (200 KHz portador)
SINCRONIZACIÓN INTER BASE ESTACIÓN	FDD: No se necesita sincronización TDD: Sincronización necesaria

Fuente: Recuperado de “Estudio de Factibilidad de la implementación de una red UMTS en la ciudad de Guayaquil”, (Cruz, Ortega Romero, & Andrade Mora, 2010)

2.6.4.5. Handover en WCDMA

Handover significa traspaso o transferencia, se utiliza en comunicaciones móviles celulares; tiene como objetivo transferir servicios de voz y datos entre el Nodo_B y el UE. Cuando la calidad del enlace es insuficiente en un Nodo_B, este mecanismo garantiza que el dispositivo móvil o UE, al trasladarse a lo largo de su zona de cobertura no pierda el enlace o servicio.

Hay que tomar en cuenta que el proceso de handover al iniciarse en el sistema, debe basarse en distintos criterios de RF medidos por el UE o por el sistema, entre ellos se ha considerado mencionar, el nivel de la señal, la calidad de conexión y el retraso en el nivel de potencia de propagación. A su vez para identificar si un proceso de handover es necesario, el UE toma decisiones al momento de sondear las celdas vecinas, estas decisiones son reportadas con el fin de descubrir la celda más factible en la que se puede enganchar o acceder el UE.

Se ha analizado y determinado tres tipos de handover en WCDMA, (Fernández Orozco, 2013, pág. 48), afirma:

2.6.4.5.1. Soft Handover

Este tipo de handover es aquel que establece conexión dentro del mismo sistema. A nivel de la red, el soft handover suaviza el movimiento de un UE de una celda a otra y ayuda a minimizar la potencia de transmisión demandada por el enlace Up Link y Down Link. Por este motivo una vez que la transferencia suave se haya completado, los vínculos con la vieja celda del Nodo_B se eliminan y el UE sigue para comunicarse con la nueva celda del Nodo_B.

2.6.4.5.2. Hard Handover

El handover duro puede ser ejecutado por la UTRAN, o incluso con la participación del núcleo de la red. Este tipo de handover nos indica que existe un cambio duro durante el proceso de traspaso. Para el traspaso duro los enlaces de radio se fragmentan y luego se restablecen. Siendo algo primordial que el traspaso duro debe presentarse transparente al usuario, pero en ocasiones existe la posibilidad de que un breve descanso en la conexión puede ser observado por el usuario.

2.6.4.5.3. Handover entre Sistemas

El handover entre sistemas consiste en el cambio de un sistema a otro completamente diferente, tal es el caso entre la tecnología UMTS a GSM. Es por ello que es el más complicado, se tiene que cumplir ciertos requisitos:

- ✓ El usuario debe contar con un equipo dual (UMTS/GSM).
- ✓ El handover toma más tiempo debido a que tiene que sincronizarse con el sistema al que está ingresado.
- ✓ La transmisión debe ser detenida en UMTS y reiniciada en GSM.

2.6.4.6. Canales Lógicos, de Transporte y Físicos de WCDMA

Siguiendo el modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos OSI, el cual es un modelo formado por siete capas (Física, Enlace de Datos, Red, Transporte, Sesión, Presentación y Aplicación), la interfaz de radio utilizada por UTRAN, puede ser descrito por las tres primeras capas de este estándar: Capa Física (la más baja), Enlace de Datos con la sub-capa MAC (Control de Acceso al Medio) y RLC (Control de Enlace de Radio), y la Capa de Red con sus respectivas sub-capas.

2.6.4.6.1. Canales Lógicos

Un canal lógico es la interfaz entre la capa MAC y RLC, y se caracteriza por el tipo de información que lleva. Los canales lógicos se dividen en canales de control y canales de tráfico, (Gaibor, 2005, pág. 134), afirma:

a. Canales de Control

Canal de Control de Broadcast (BCCH): Este canal va en el enlace de bajada y se usa para difundir información del sistema, así como información específica de la celda.

Canal de Control de Voz (PCCH): Este canal también va por el enlace de bajada y se encarga de enviar información de voz.

Canal de Control Dedicado (DCCH): Este canal también se usa para enviar información de control a la unidad móvil, además es un canal dedicado punto a punto bidireccional que se establece cuando la unidad móvil empieza una conexión con la red.

Canal de Control Común (CCCH): Este canal lógico es bidireccional y se usa para enviar y recibir información de la red, es usado cuando no existe una conexión por medio del canal DCCH.

b. Canales de Tráfico

Canal Fundamental (FCH): Es un canal dedicado a una unidad móvil que se utiliza para transferir la información de usuario, este canal cursa tráfico de voz y datos.

Canal Suplementario (SCH): Es un canal usado para transferir la información de usuario a un grupo de usuarios móviles, este canal cursa únicamente tráfico de datos.

2.6.4.6.2. Canales de Transporte

La interfaz entre la capa MAC y la capa Física son los canales de transporte. Estos canales de transporte son codificados y se ajustan a la tasa ofrecida por los canales Físicos. Todos los canales de transporte son unidireccionales y se dividen en dos grupos: canales dedicados y canales comunes, (Gaibor, 2005, pág. 136), afirma:

a. Canales de Transporte Comunes

Canal de Broadcast (BCH): Se usa para difundir información del sistema a toda la celda; como los parámetros del BCH son fijos, cada unidad móvil puede decodificar la información difundida. Dicha información solo existe en el enlace Down Link.

Canal de Acceso de Subida (FACH): Igualmente solo existe en el Down Link y se usa para enviar relativamente poca información de control. La transmisión está limitada en tiempo, los parámetros de este canal son difundidos vía la información del sistema. Este canal puede llevar cualquier canal de control.

Canal de Voz (PCH): Sólo existe en el enlace de bajada y su función es llevar información relevante al proceso de voz.

Canal de Compartido del Enlace de Bajada (DSCH): Este canal es compartido por varios usuarios; es similar al FACH, pero éste si cuenta con control de potencia por lo que puede ser usado más tiempo.

Canal de Acceso Aleatorio (RACH): Este canal solo se encuentra en el enlace de subida y se usa para enviar información de control de la red; aunque también puede ser utilizado para enviar poca información en forma de paquetes a la red. Debido a que todos los móviles, en el área de cobertura, usan este canal, existe un gran riesgo de colisiones.

Canal de Paquetes Comunes (CPCH): Existe solamente en el Up Link y es similar al RACH ya que también envía paquetes de información a la red, pero cuenta con procedimiento para su acceso por lo que se puede evitar colisiones; además usa un rápido control de potencia por lo que se puede estar en operación un período de mayor tiempo.

b. Canales de Transporte Dedicados

Canal Dedicado (DCH): Es un canal de transporte dedicado a una unidad móvil, provee la transferencia de información de control y de usuario. Existe en los enlaces de subida y de bajada, además es el único canal de transporte que soporta soft handover.

2.6.4.6.3. Canales Físicos

Los canales físicos se usan para transmitir la información por la interfaz aérea y definen las características físicas exactas del canal de radio. Un canal físico corresponde a una frecuencia portadora, (Gaibor, 2005, pág. 140), afirma:

a. Canales Físicos que llevan un Canal de Transporte

Canal Físico Dedicado de Datos (DPDCH): Es un canal físico dedicado que lleva información del DCH. Este canal contiene los enlaces de subida y de bajada.

Canal Físico de Acceso Aleatorio (PRACH): Es el canal físico que lleva al RACH; se utiliza como acceso a la red del Nodo_B, mismo sistema que soporta interferencias cercanas y lejanas.

Canal Físico de Paquetes Comunes (PCPCH): Lleva el CPCH y es asignado usando multiplexación por tiempo y por lo tanto compartido por varios usuarios, además es opcional para una red y usa un ajuste rápido de potencia.

Canal Físico Primario de Control Común (P-CCPCH): Lleva el BCH y tiene una tasa de transmisión fija de 30 Kbps.

Canal Físico Secundario de Control Común (S-CCPCH): Lleva el FACH y el PCH, soporta varias transmisiones.

Canal Físico Compartido del Enlace de Bajada (PDSCH): Lleva el DSCH y va en el enlace de bajada asociado con un DPCCH que informa a la entidad receptora acerca de control de potencia, tiempo de acceso, y el código spreading para el PDSCH.

b. Canales Físicos Requeridos para Operación del Sistema

Canal de Control Dedicado (DPCCH): Se transmite simultáneamente con el DPDCH y lleva la información de la capa física necesarias para la operación del sistema y para mejorar el desempeño del sistema.

Canal de Control Piloto (CPICH): Es la referencia física para otros canales, difunde una secuencia predefinida de símbolos, es utilizado para el handover y para equilibrar la carga de la celda. El ajuste del nivel de potencia del CPICH equilibra la carga de la celda, debido a que el terminal busca la celda con el nivel de potencia del CPICH más alto.

Canal de Sincronización (SCH): Es necesario para que la unidad móvil busque celdas y para sincronización con las mismas, tiene dos sub canales: un primario y un secundario.

Canal Indicador de Adquisición (AICH): Se usa para el proceso de acceso del PRACH.

Canal de Indicación de Voz (PICH): Se usa para soportar recepción discontinua, lleva información acerca de presencia de mensajes de voz en el PCH.

2.6.5. TÉCNICAS DE MODULACIÓN EN UMTS

Las técnicas de modulación para UMTS, se refieren al proceso de transmisión de datos a largas distancias sobre las señales eléctricas generadas en el Nodo_B. Es por ello que el estándar UMTS, exige técnicas de modulación que permitan cumplir con los requerimientos de la comunicación móvil celular. La modulación básicamente consiste en que un parámetro de la onda portadora cambie su valor de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora, que es la información que se desea transmitir.

Los sistemas UMTS utilizan un tipo de modulación digital adaptativa que varía dependiendo de las condiciones de la relación señal ruido (por sus siglas en inglés Signal to Noise Ratio o SNR), nivel de potencia y la distancia que existe entre el UE y el Nodo_B.

Cuando la distancia es corta y libre de obstáculos el enlace presenta una alta calidad (SNR alto) utiliza la modulación QAM dando al sistema la mayor capacidad. Cuando el usuario se encuentra alejado del Nodo_B, el sistema puede cambiar a modulaciones como QPSK cambiando la conexión a una menor velocidad, pero se garantiza el servicio.

2.6.5.1. Funciones Principales de la Modulación

Dentro de sus principales funciones, (Ricaurte Zambrano & Delgado Arechúa, 2010, pág. 6), afirman:

- ✓ Facilita la Propagación de la señal de información por medios guiados (cable) o no guiados (por aire).
- ✓ Ordena el Radioespectro, distribuyendo canales a cada información distinta.
- ✓ Disminuye Dimensiones de antenas.
- ✓ Optimiza el ancho de banda de canal a canal.
- ✓ Evita Interferencia entre canales.
- ✓ Protege a la información de las degradaciones por Ruido.
- ✓ Define la Calidad de la información transmitida.

2.6.5.2. Modulación de Enlace Descendente

En la arquitectura de UMTS, el sistema UTRAN utiliza específicamente la modulación de tipo digital o QPSK siendo para transmisión de enlace descendente, es decir, la transmisión de los datos de torres móviles (estaciones base) o Nodo_B a dispositivos móviles. Esto significa que pasa a transmitir de 2 bits por símbolo a 4 bits por símbolo, este aumento conlleva una menor inmunidad al ruido, por lo que se prefiere 16-QAM, sólo cuando el terminal está cerca del Nodo_B y estático. Es una forma de modulación en la que la señal se envía en cuatro fases, 45, 135, 225 y 315 grados, y el cambio de fase de un símbolo al siguiente codifica dos bits por símbolo. Una de sus principales ventajas es que ofrece la misma eficiencia de potencia, utilizando la mitad de ancho de banda. (Ricaurte Zambrano & Delgado Arechúa, 2010, pág. 8)

2.6.5.3. Modulación de Enlace Ascendente

Por lo tanto para el enlace ascendente, UTRAN utiliza QPSK de canal Dual y 16-QAM, donde la transmisión de datos es de los dispositivos móviles a torres móviles (estaciones base) o Nodo_B. Es por ello que 16-QAM, es una modulación que implementa un mejor rendimiento del uso espectral. 16-QAM es una modulación digital en la que se tienen 4 fases y 4 amplitudes, de esta manera es como se tiene 16 símbolos. (Ricaurte Zambrano & Delgado Arechúa, 2010, pág. 11)

2.6.6. PÉRDIDA DE RETORNO (RL)

La pérdida de retorno es una medida de la energía reflejada de una señal transmitida y es expresada en dB, cuanto mayor sea este valor, mejor. Las reflexiones se producen debido a una mala adaptación de impedancias en el conector, de un estado defectuoso del cable, una mala fabricación o una carga inapropiada. También se produce por la pérdida de potencia en la señal reflejada por una discontinuidad en la línea de transmisión o de fibra óptica.

La relación matemática para el cálculo de la pérdida de retorno se detalla en la Ecuación 1, (Sáenz Medina, 2009, pág. 30), afirma:

$$\text{Pérdida de retorno} = -20 \log(|1 - \text{VSWR}|/|1 + \text{VSWR}|) \quad (\text{Ec.1})$$

2.6.7. RELACIÓN DE VOLTAJE DE ONDA REFLEJADA (VSWR)

En una línea de transmisión es un parámetro que indica la relación entre los valores de tensión máxima y mínima de un patrón de onda reflejada. El VSWR es un valor especial del SWR, que es conocido también como ROE (Relación de Onda Estacionaria). El VSWR es una medida del desacoplamiento de impedancia entre la línea de transmisión y su carga. Cuanto mayor es el VSWR, mayor será la discrepancia. El valor mínimo del VSWR, es decir la condición por que las impedancias de la línea de transmisión y la carga son unidas perfectamente, es igual a 1.

Para obtener mejor transmisión de potencia entre el transmisor y la antena, se debe tomar en cuenta que la impedancia del transmisor sea el conjugado complejo de la impedancia de la antena. El VSWR al ser la pérdida de onda reflejada, se analiza como una medida de desadaptación entre la impedancia del transmisor y de la antena, es por ello que si existe un mayor VSWR, es peor la adaptación. Al tomar en cuenta estas pérdidas en las líneas de transmisión, se analiza que al no existir onda reflejada ($|\Gamma|=0$), esto quiere decir que hay una adaptación perfecta, dando como resultado un $\text{VSWR}=1$. (Sáenz Medina, 2009, pág. 30)

En la Ecuación 2, se muestra cómo se efectúa el cálculo de VSWR, (Sáenz Medina, 2009, pág. 32), afirma:

$$Z_{in} = Z^*s$$

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in}$$

$$Z_s = R_s + jX_s$$

$$|\Gamma| = \frac{V_r}{V_i} = \frac{Z_{in} - Z_s}{Z_{in} + Z_s} = \sqrt{\frac{P_{ref}}{P_{in}}}$$

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (\text{Ec.2})$$

Donde:

Γ es llamado coeficiente de reflexión

V_r es la amplitud de la onda reflejada

V_i es la amplitud de la onda incidente

R_{in} es la pérdida de retorno

R_s es la pérdida de transmisión de la antena

jX_{in} es el conjugado complejo de la carga

jX_s es el conjugado complejo de la antena

Z_{in} es la impedancia de carga

Z_s es la impedancia característica de la línea de transmisión.

P_{ref} es la potencia reflejada

P_{in} es la potencia de entrada

CAPÍTULO III

3. INGENIERÍA DEL PROYECTO

La Ingeniería de proyecto es aquella que recopila todos los procedimientos a seguir en el desarrollo del diseño de un proyecto; su propósito es proporcionar criterios como bases técnicas que se llevan a cabo en el diseño del Nodo_B. Como parte fundamental en el funcionamiento de este proyecto se deben tomar en cuenta 4 áreas importantes que son: Wireless, RF o Radio Frecuencia, Obra Civil y Energía.

Para la ejecución de la Ingeniería del proyecto se ha realizado un diagrama a seguir, el cual muestra cada proceso que conlleva el desarrollo y culminación del proyecto, tal como se muestra en la Figura 9.

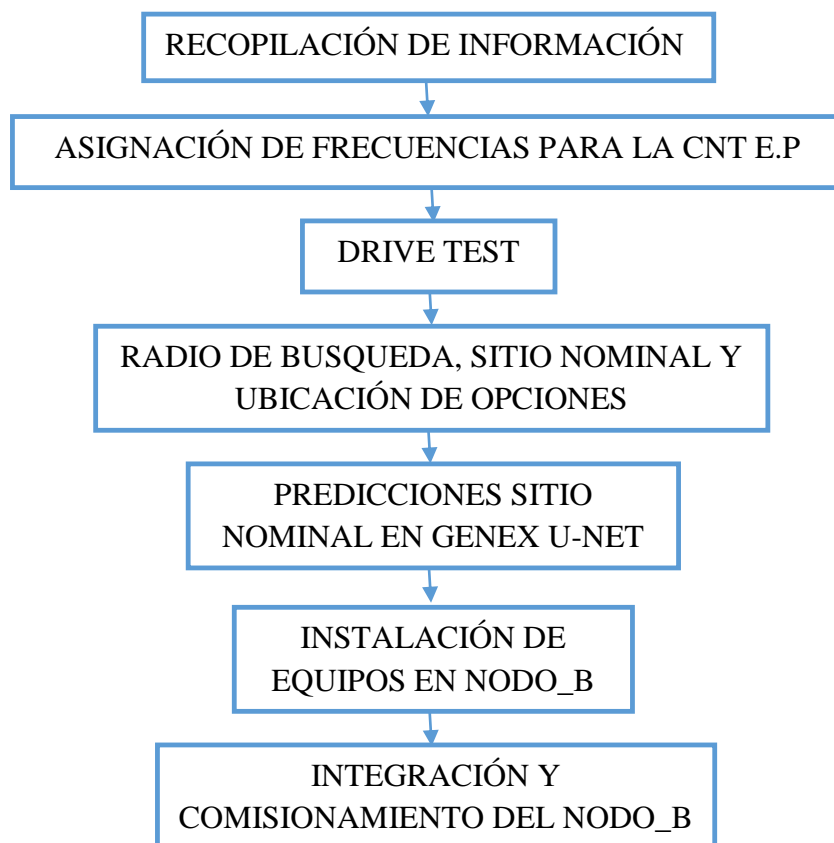


Figura 9. Diagrama a Seguir Para el Desarrollo de Ingeniería.

Fuente: Elaborado por Autor

3.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

En la recopilación de información se detalla todo lo referente a la tecnología 3G/UMTS, tal como se redactó en el Marco Teórico correspondiente al Capítulo II.

3.2. ASIGNACIÓN DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS PARA LA CNT EP.

3.2.1. Espectro utilizado en UMTS

El rango de espectro para los sistemas 3G fue atribuido en la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (CAMR-92), celebrada en Málaga España en marzo de 1992.

Tomando en cuenta que el espectro radioeléctrico es un recurso natural del Estado ecuatoriano se ha formado un Plan Nacional de Frecuencias, el cual es el encargado de organizar y distribuir de mejor manera el espectro radioeléctrico, con el fin de brindar mayor beneficio a los usuarios. De acuerdo a este Plan Nacional de Frecuencias ARCOTEL se ha distribuido a la operadora CNT E.P de acuerdo a la Tabla 2.

Tabla 2. Bandas de frecuencia para la CNT E.P.

Banda (MHz)	Frecuencia	
	Up Link (MHz)	Down Link (MHz)
1900	1890.0–1910.0	1970.0–1990.0
850	835.0–849.0	880.0–894.0

Fuente: Recuperado de Frecuencias asignadas para la CNT E.P; tomado de la CONATEL (2017-2012)

Los rangos de frecuencia que se asignan en las bandas de 850 a 1900 MHz se dividen en dos bandas: la frecuencia Down Link (DL) que corresponde a la frecuencia más alta, utilizada para descargar datos en el dispositivo móvil; y la frecuencia Up Link (UL) que es de menor valor y utilizada en el dispositivo móvil para el envío de datos a la estación base. Por lo tanto la frecuencia a utilizar en el proyecto de tesis es con portadora UMTS 1900MHz.

Por lo tanto en Ecuador y la totalidad de países de América del Sur, se ha designado la banda GSM- 1900 MHz. El rango de frecuencia indica la cantidad de MHz con la que los teléfonos móviles envían y reciben datos entre sí a través de una estación base.

Mediante la resolución ARCOTEL-2015-000100 de octubre 2015, se mantiene la asignación de la banda de frecuencia de 1900MHz para los cooperadores de telefonía celular CNT E.P Y OTECEL S.A. De acuerdo a resolución TEL-738-26-CONATEL-2014, se mantiene la extensión del Contrato de Alquiler del Espectro Radioeléctrico en las mismas condiciones autorizadas por la CONATEL, tal como se estipula en los artículos siguientes:

“ARTÍCULO UNO.- Con el propósito de garantizar la continuidad y calidad en la prestación del servicio y fundamentada en lo dispuesto en la Resolución TEL-738-26-CONATEL-2014, prorrogar la vigencia de los Contratos de Alquiler del Espectro Radioeléctrico y de Roaming Nacional suscritos entre CNT EP. y OTECEL S.A, con las mismas condiciones técnicas, económicas y comerciales que pactaron la CNT E.P y OTECEL S.A, el 30 de abril de 2014, por un plazo de seis meses contados a partir del vencimiento del plazo otorgado por el CONATEL en la mencionada Resolución.

ARTÍCULO DOS.- La prórroga de la vigencia de los contratos podrá finalizar cuando exista un acuerdo o una disposición de Roaming Nacional automático en el caso del Contrato de Roaming Nacional y cuando OTECEL S.A deje de utilizar el espectro que alquila a la CNT E.P en el caso del contrato de alquiler del Espectro Radioeléctrico. En ejercicio de sus competencias y atribuciones, la Superintendencia ha realizado los monitoreos y verificaciones respectivas en el bloqueo de frecuencias C-C` (1905-1910 MHz y 1985-1990 MHz) con el propósito de determinar las Radio Bases 1900 MHz de OTECEL SA. que se encuentran haciendo uso del espectro alquilado a la CNT EP., determinándose que la operadora OTECEL SA., a nivel nacional tiene 270 Radiobases que operan en las bandas indicadas, y que por lo tanto sigue utilizando el espectro que fuera alquilado a la CNT EP.” (ARCOTEL, 2015)

3.3. DEFINICIÓN DE UN DRIVE TEST DE RF

El drive test de RF se caracteriza por ser una prueba ejecutada en campo de muestreo en cada ubicación de parámetros de la red, esta prueba se la realiza en las tecnologías de LTE, UMTS, GSM, entre otros, con el fin de proyectar el comportamiento de la red en una determinada área de cobertura, se lo realiza en la fase de pre-lanzamiento y en la fase inicial de lanzamiento de un Nodo_B. El motivo por el cual se efectúa el drive test de RF, es para la recolección de información, en donde existen huecos de cobertura en un sector en específico; este proceso se lo realiza mediante la movilización de un vehículo por las áreas de interés, mismo portador de los equipos necesarios para las pruebas de drive test de RF.

Las pruebas de Drive Test se realizan con la finalidad de optimizar la cobertura de la red móvil, para de esta manera poder resolver problemas reportados por clientes debido a cortes o caídas de las llamadas realizadas en una zona determinada.

Los elementos que intervienen en el drive test de RF son visualizados en la Figura 10, los cuales son:

1. Computador portátil con software de muestreo
2. Dos teléfonos 3G
3. Modem 3G
4. Scanner con:
 - a. Antena RF
 - b. GPS

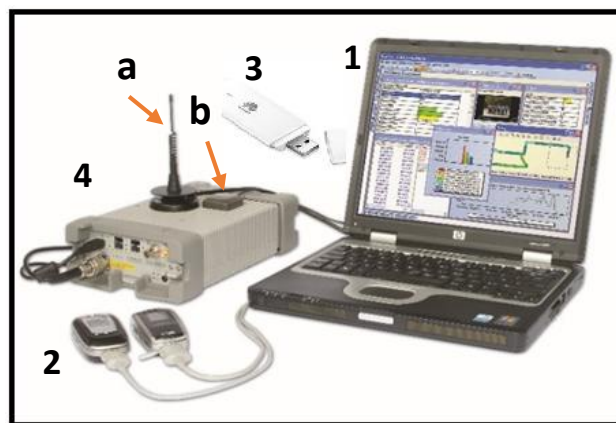


Figura 10. Elementos para Drive Test de RF.

Fuente: Recuperado de Elementos para el Drive;

http://about.key sight.com/en/newsroom/imagelibrary/library/drivetest_images/image002.jpg

3.3.1. Elementos Usados en Drive Test de RF

Los elementos que intervienen en este tipo de prueba de campo se detallan a continuación:

3.3.1.1. Computador portátil con software de muestreo

Este elemento permite procesar y almacenar la información adquirida por el escáner de frecuencia, el software de muestreo y el GPS que ayudan a obtener la información necesaria para el análisis de cobertura del sector destinado al estudio.

3.3.1.2. Teléfonos 3G

Los teléfonos móviles son importantes en este proceso ya que cumplen una función importante durante el desarrollo del Drive Test de RF.

De acuerdo a lo señalado por (CEDEÑO, Octubre, 2015); con el primer teléfono se realiza una llamada de larga con una duración⁸ de 3600 segundos para poder visualizar los parámetros de cobertura. El segundo teléfono realiza llamadas cortas⁹ de 60 segundos cada cierto intervalo de tiempo para poder obtener eventos de señalización de la red.

Las llamadas se las realiza con el fin de comprobar el problema de cobertura reportado y así confirmar que el problema existe. Los datos que el teléfono recibe y envía, se almacenan en el computador.

3.3.1.3. Modem 3G

Este pequeño dispositivo realiza carga y descarga (1GB¹⁰) de archivos durante el recorrido de Drive Test de RF, para conocer el comportamiento del servicio de datos.

⁸ **Llamada Larga:** Es necesario realizar llamadas largas para poder visualizar el comportamiento de la red cuando el móvil está enganchado y en servicio de llamada, y así poder visualizar eventos de handover y parámetros de cobertura y calidad. Para la prueba de drive test del antes de la instalación se ha determinado realizar llamadas largas de 3600 segundos.

⁹ **Llamada corta:** Al realizan llamadas cortas ayuda con el análisis de eficiencias de accesibilidad y retención.

¹⁰ **Descarga de 1GB:** Se realiza descargas largas para determinar que el nivel throughput se encuentra en cada punto de ubicación medido por el GPS.

3.3.1.4. Scanner

El escáner de frecuencias permite medir la radiación y el nivel de la potencia que se emite en un rango de frecuencias en intervalos de tiempo. El escáner de frecuencias se conecta al computador portátil para así poder manipular y almacenar los datos obtenidos.

Este escáner contiene una antena RF que recepta todas las señales en la banda de frecuencia configurada para obtener los parámetros de cobertura.

3.4. UBICACIÓN DE LA ZONA EN ANÁLISIS

Los sectores del Batan Alto y Batan Bajo se encuentran ubicados en la Provincia de Pichincha, en la zona norte de la ciudad de Quito, como se aprecia en la Figura 11, las zonas del Batan Alto y Batan Bajo no tienen la presencia de ningún Nodo_B, por lo tanto se realiza un drive test de RF en toda la zona para visualizar de manera clara el estado actual de la red incluyendo la posible ubicación del Nodo_B.



Figura 11. Análisis de Cobertura en las zonas del Batan alto y Batan bajo.

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

3.4.1. Ruta de Prueba de Drive Test de RF

Para verificar el estado del funcionamiento de la red en la zona de análisis, se efectúa la prueba de drive test de RF; el criterio técnico que se utiliza para determinar la ruta depende de las necesidades y los requerimientos del Cliente-Operador.

Principalmente las necesidades del Cliente-Operador, es solventar los bajos niveles de señales celulares, siendo nuestro punto de análisis los sectores del Batán Alto y Batán Bajo de la zona norte de Quito; tomando en cuenta que los requerimientos para solventar dichas necesidades, es establecer la elección de un punto estratégico donde sea posible la instalación de un nuevo Nodo_B, el cual facilite la propagación de señales celulares en los sectores antes mencionados.

La herramienta que nos facilitará establecer de mejor manera las rutas de drive test de RF es el Google Eart, mismo que proporciona una visualización superficial del planeta con sus respectivas características de relieves y geografía urbana. La ruta a ejecutarse está constituida por las calles más relevantes de la zona, para observar donde existen los huecos de cobertura y deficiencia de calidad del servicio, misma ruta se visualiza en la Figura 12; a su vez se especifica los puntos referenciales de los nodos vecinos o aledaños al Nodo_B Gualguiltahua.



Figura 12. Ruta de Prueba del Drive Test de RF.
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

Para establecer la zona de cobertura del Nodo_B Guanguiltahua propuesto se utiliza el drive test de RF, mismo que permite determinar las rutas relevantes, las mismas que se encuentra definida dentro de la zona de cobertura del Nodo_B propuesto y sus Nodo_B vecinos. En la Figura 12 se muestra las rutas a seguir, considerando para el sector 1 la orientación Norte-Sur y Sur-Norte para el sector 2, pasando por las vías correspondientes al Sector 1 pertenecientes al Batán Alto tales como: vía Eloy Alfaro, Fernando Ayala, Portugal, José Queri, Tomás Bermont, Guanguiltahua, Granados, entre otras el cual cubre una distancia de 830m hacia el primer punto estratégico que corresponde a la concesionaria Peugeot y las vías correspondientes al sector 2 pertenecientes al Batán Bajo como son: vía Suiza, Holanda, Checoslovaquia, Portugal, El Universo, Pasaje el Sol, Gaspar de Villarroel, República del Salvador, entre otras el cual cubre una distancia de 430m hacia el segundo punto estratégico que corresponde a una Unidad Educativa; esta distancia de 430 m es menor al sector 1, debido a la existencia de una zona montañosa.

3.4.2. Código de Señal de Potencia Recibida (RSCP)

El RSCP es utilizado para conseguir la intensidad de señal, y por ende tener criterios de traspaso y control de potencia. Se mide del canal CPICH, el mismo que conserva una continua comunicación con los usuarios, enviando la información de códigos de aleatorización (Scrambling Codes SC).

En la Figura 13, muestra los niveles de RSCP tomados por el escáner en la ruta de prueba realizada en el drive test de RF se obtiene:

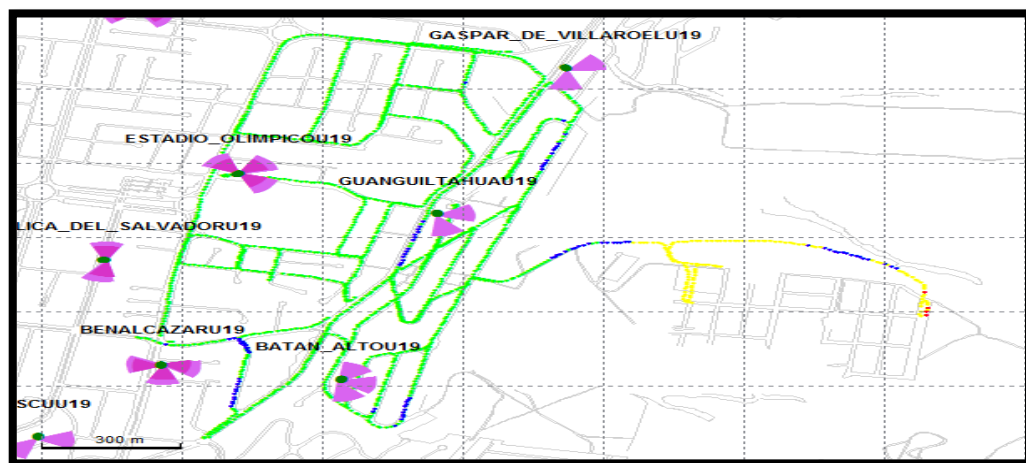


Figura 13. Niveles de RSCP tomado por el Escáner.
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

En la Figura 13 y en la Tabla 3, conocida técnicamente como leyenda en donde se indican parámetros entre los más importantes que garantizan la cobertura, es decir a partir de los “-85 a -95 dBm de RSCP”, afirma, (3GPP, 2005, pág. 7).

De tal manera que nuestros resultados sean satisfactorios, el color verde especifica la garantía óptima de la señal, el color azul son mediciones que garantizan la cobertura en condiciones aceptables y permitidas por el escáner y el UE, entre estos dos parámetros se analiza que con el 89,73% del rango porcentual de RSCP, el Nodo_B garantiza la cobertura y los servicios de voz y datos a la zona de cobertura que se desea alcanzar; por otro lado los valores mayores a -95 dBm de RSCP nos muestran resultados pésimos en donde no se garantiza el servicio, tales como se visualiza con los colores amarillo y rojo, entre estos dos parámetros deficientes nos indican que con el 10.27% del rango porcentual de RSCP, el Nodo_B no garantiza la cobertura y servicios de voz y datos debido a factores geográficos como la zona montañosa existente.

Tomando en cuenta que el número de muestras, son mediciones tomadas con el escáner durante la realización del drive test de RF, se tiene como valores óptimos y aceptables; 1325 y 86 muestras, y como valores depreciables 121 y 6 muestras, como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Datos de Niveles de RSCP tomados por el Escáner.

Rango RSCP (dBm)	Número de Muestras	Rango Porcentual	Color	Rango Porcentual es Óptimos y Deficientes
$x \geq -85$	1325	83.25%	OPTIMO	89.73%
$-85 > x \geq -95$	86	6.48%	ACEPTABLE	
$-95 > x \geq -105$	121	9.75%	NO ACEPTABLE	10.27%
$x < -105$	6	0.52%	PÉSIMA COBERTURA	

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

El procedimiento realizado en los niveles de RSCP tomados por el escáner, se reflejan para la descripción de los niveles de RSCP tomados por el UE, el cual se visualiza a en la Figura 14 y en la Tabla 4.

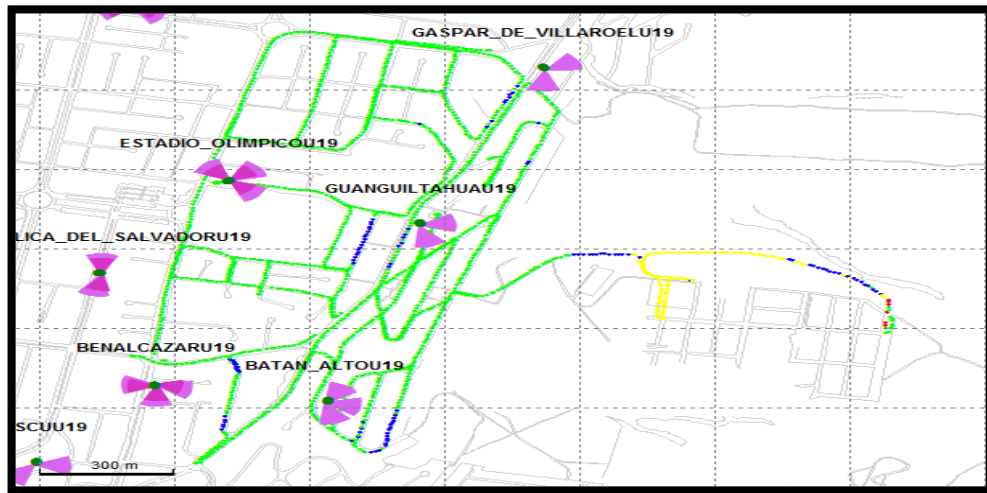


Figura 14. Niveles de RSCP tomados por el UE1.
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

Tabla 4. Datos de Niveles de RSCP tomados por el UE1.

Rango RSCP (dBm)	Número de Muestras	Rango Porcentual	Color	Rango Porcentual es Óptimos y Deficientes
$x \geq -85$	1325	86.57%	ÓPTIMO	93,79%
$-85 > x \geq -95$	86	7.22%	ACEPTABLE	
$-95 > x \geq -105$	119	5.54%	NO ACEPTABLE	6,21%
$x < -105$	5	0.67%	PESIMA COBERTURA	

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

En la Tabla 4, se indica el rango porcentual óptimo y deficiente de cobertura en donde: el 93,79% de RSCP tomado por el UE; garantiza la cobertura y los servicios de voz y datos, y el 6.21% de RSCP, es el porcentaje en el cual no se garantiza la cobertura y servicios de voz y datos debido a factores geográficos como la zona montañosa existente.

A su vez el número de muestras medidas por el UE durante la realización del drive test de RF; toma como valores óptimos y aceptables 1325 y 86 muestras, y como valores depreciables 119 y 5 muestras.

3.4.3. Niveles de Energía de canal CPICH sobre Interferencia (E_c/I_o)

Es un parámetro muy importante para el análisis de áreas de cobertura. Esta relación indica la calidad del servicio que se está brindando por parte del proveedor. El valor de E_c/I_o es un valor variable debido a que depende de la interferencia inmersa en el canal piloto, además de la carga de tráfico, que es expresado en (dB).

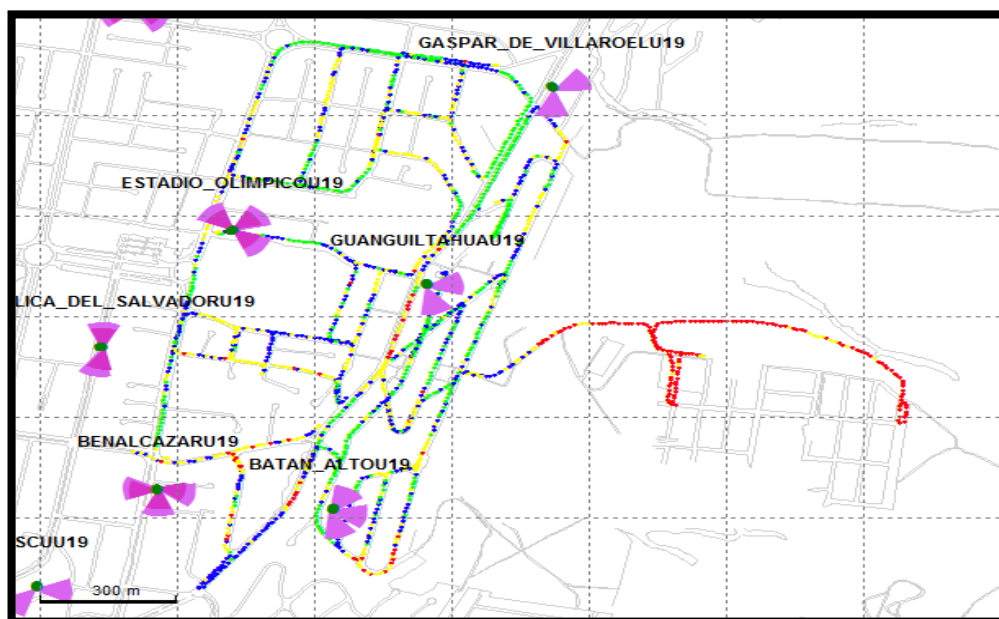


Figura 15. Niveles de E_c/I_o tomados por el Escáner.
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

En la Figura 15 y en la Tabla 5 indica las mediciones en las que se puede garantizar la calidad de la señal, es decir a partir de los -10 a -12 dB de E_c/I_o , afirma, (3GPP, 2005, pág. 8) .

De tal manera que nuestros resultados sean factibles, el color verde especifica la garantía optima de la calidad de la señal, el color azul son mediciones que garantizan la calidad de la señal en condiciones aceptables y permitidas por el escáner y el UE, entre estos dos parámetros se analiza que con el 63,15% del rango porcentual de E_c/I_o , el Nodo_B garantiza la calidad de la señal en cuanto a recepción y transmisión de servicios de voz y datos a la zona de cobertura que se desea alcanzar; por otro lado los valores mayores a -12 dB de E_c/I_o nos muestran resultados inaceptables en donde no se garantiza la calidad de la señal y por ende del servicio, tales como se visualiza con los colores amarillo y rojo, entre estos dos parámetros deficientes nos indican que con el 36.85% del rango porcentual de E_c/I_o , el Nodo_B no garantiza la calidad de la señal y peor aún la

calidad de los servicios de voz y datos debido a factores geográficos como la zona montañosa existente.

Tomando en cuenta que el número de muestras, son mediciones tomadas con el escáner durante la realización del drive test de RF, toma como valores óptimos y aceptables 602 y 495 muestras; y como valores depreciables 452 y 225 muestras.

Tabla 5. Datos de Niveles de Ec/Io tomados por el Escáner.

Rango Ec/Io (dB)	Número de Muestras	Rango Porcentual	Color	Rango Porcentual es Óptimos y Deficientes
$x \geq -10$	602	29.93%	OPTIMO	63.15%
$-10 > x \geq -12$	495	33.22%	ACEPTABLE	
$-12 > x \geq -15$	452	25.47%	NO ACEPTABLE	36.85%
$x < -15$	225	11.38%	PÉSIMA CALIDAD	

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

El procedimiento realizado en los niveles de Ec/Io tomados por el escáner, se reflejan para la descripción de los niveles de Ec/Io tomados por el UE, el cual se visualiza a en la Figura 16 y en la Tabla 6.

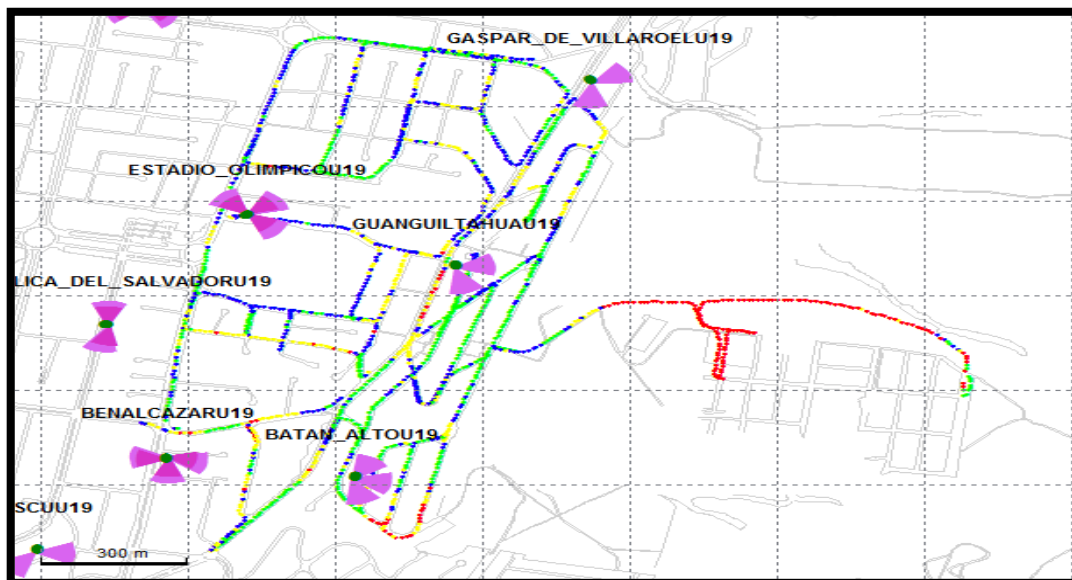


Figura 16. Niveles de Ec/Io tomados por el UE1.

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

En la Tabla 6, se indica el rango porcentual de calidad de la señal; donde el 72,80% de Ec/Io tomado por el UE; garantiza la calidad de la señal y los servicios de voz y datos,

y el 27.20% de Ec/Io, no garantiza la calidad de la señal debido a factores geográficos como la zona montañosa existente.

A su vez el número de muestras medidas por el UE durante la realización del drive test de RF, toma como valores óptimos y aceptables 602 y 495 muestras; y como valores depreciables 390 y 210 muestras.

Tabla 6. Datos de Niveles de Ec/Io tomados por el UE1.

Rango Ec/Io (dB)	Número de Muestras	Rango Porcentual	Color	Rango Porcentual es Óptimos y Deficientes
$x \geq -10$	602	36.28%	ÓPTIMO	72.80%
$-10 > x \geq -12$	495	36.52%	ACEPTABLE	
$-12 > x \geq -15$	390	17.15%	NO ACEPTABLE	27.20%
$x < -15$	210	10.05%	PÉSIMA CALIDAD	

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

3.4.4. Tasa de Error de Bloque en Enlace Descendente (BLER DL)

BLER DL es una relación entre el número de bloques erróneos al número total de bloques enviados en un circuito digital. Se utiliza para WCDMA como requisito del desempeño en pruebas de demodulación en condiciones de trayectos múltiples. BLER se mide después del canal desentrelazado y decodificado mediante la evaluación de la comprobación de redundancia cíclica (CRC) en cada bloque de transporte. Para lo cual se obtiene la siguiente Ecuación 3.

$$BLER = \frac{\sum \text{Bloques RLC con RLC_errados}}{\sum \text{Bloques RLC}} * 100\% \quad (\text{Ec.3})$$

Fuente: Recuperado de Cedeño, Octubre 2015

Las mediciones realizadas en el BLER DL del UE, el cual presenta buenos niveles en la prueba de drive test de RF, indica que con la inclusión del nuevo Nodo_B se presentan buenas condiciones de transmisión. Es decir si los valores que se encuentran entre el “0% y 2%”, (3GPP, 2005, pág. 8), afirma, que los resultados son los más óptimos en donde existe una tasa de error o BLER nulo.

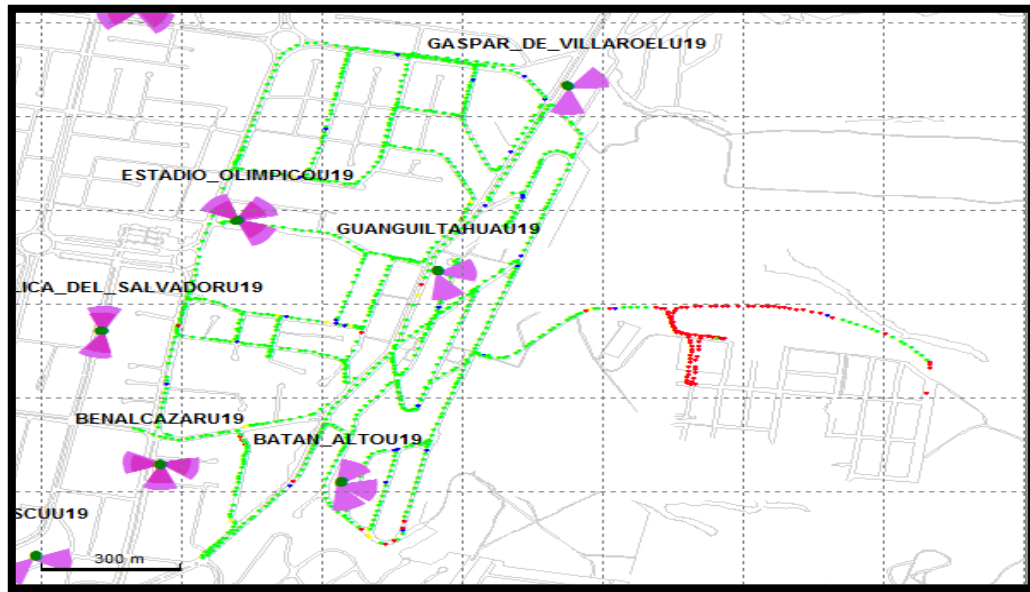


Figura 17. BLER tomados por el UE1.
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

En la Figura 17 y en la Tabla 7, nos muestran las mediciones de BLER que se consideran óptimas, bajo los criterios y requerimientos del documento RF5 Huawei - CNT, debido a que sus valores fluctúan entre 0% y 2% de error en la recepción y transmisión de datos, de tal manera que nuestros resultados sean con tasas de error nula, el color verde especifica las condiciones óptimas del servicio, el color azul son mediciones que garantizan las condiciones aceptables del servicio, entre estos dos parámetros se analiza que con el 90% del rango porcentual del BLER, el Nodo_B mantiene las buenas condiciones del servicio a la zona de cobertura que se desea alcanzar; por otro lado los valores que son mayores al 2% de BLER, muestran resultados pésimos referente a la tasa de error en pérdida del servicio, tales como se visualiza con los colores amarillo y rojo, entre estos dos parámetros deficientes nos indican que con el 10% del rango porcentual de BLER, el Nodo_B no garantiza la obtención de los servicios de voz y datos, debido a factores geográficos como la zona montañosa existente.

Considerando que el número de muestras medidas por el UE durante la realización del drive test de RF; toma como valores óptimos y aceptables 998 y 32 muestras, y como valores depreciables en la pérdida del servicio 17 y 115 muestras, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Datos de Plots de BLER tomados por el UE1.

Rango BLER (%)	Número de Muestras	Rango Porcentual	Color	Rango Porcentual es Óptimos y Deficientes
$0 \leq x < 1$	998	86.54%	ÓPTIMO	90%
$1 \leq x < 2$	32	3.56%	ACEPTABLE	
$2 \leq x < 3$	17	1.32%	NO ACEPTABLE	10%
$x \geq 3$	115	8.58%	PERDIDA DEL SERVICIO	

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

3.4.4.1. Soft Handover

A nivel de la red, el Soft Handover suaviza el movimiento de un UE de una celda a otra y ayuda a minimizar la potencia de transmisión demandada por el enlace Up Link y Down Link. Al incrementar el número de celdas con la instalación del nuevo Nodo_B en las dos zonas a cubrir, se puede llegar a pensar que el número de procesos de Soft Handover incrementa, lo cual indica mayor procesamiento dentro de la RNC, pero no es así, esto es aleatorio ya que todo depende del control que mantenga de la propagación de cada celda.

En la Figura 18 muestran el número de procesos de Soft Handover realizados con éxito, los cuales son mayores que los Soft Handover fallidos.

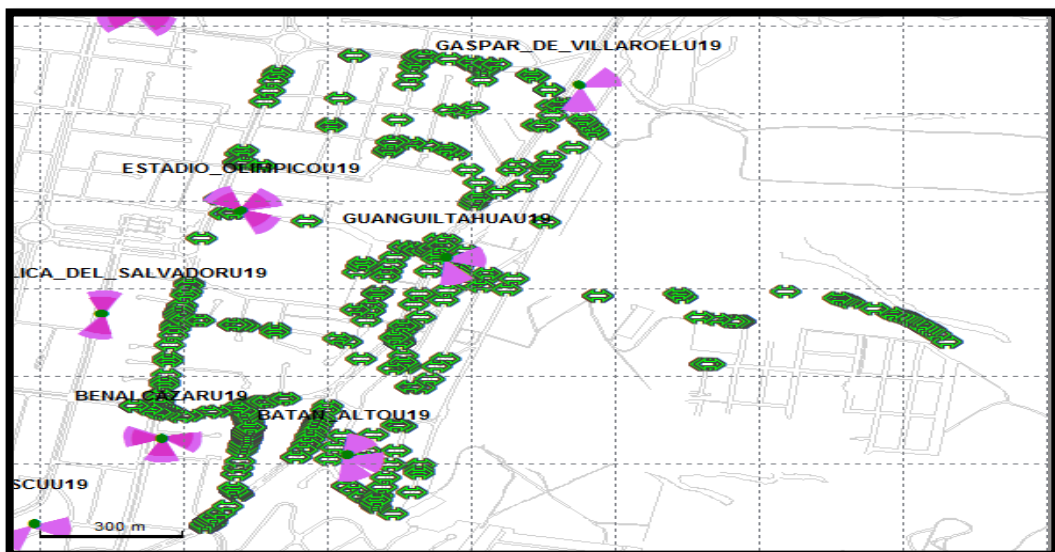


Figura 18. Datos de Soft Handover de UE1.
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

Una vez realizado el conteo de Soft Handover existentes en la Tabla 8, y visualizados en la Figura 18; se muestra la ruta del drive test de RF, obteniendo un 99.80 % de eficiencia, el cual representa un buen índice para el cumplimiento del objetivo propuesto por la operadora, el cual es mejorar la cobertura en las dos zonas que se desea alcanzar y brindar servicios de voz y datos a los usuarios con la tecnología 3G/UMTS.

Tabla 8. Datos de Soft Handover de UE1.

Evento	Intentos	Éxito	Porcentaje
Soft Handover	505	504	99.80 %

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

3.4.5. Zonas de Exclusión y Análisis de Cobertura

De acuerdo al drive test de RF realizado en la zona de interés correspondiente al Nodo_B GUANGUILTAHUA y de acuerdo a los datos referenciales de la Tabla 8, se verifica el registro de un evento fallido de Soft Handover en el recorrido de la zona 1, el cual se produjo en una zona de exclusión donde no se puede garantizar calidad de servicio, ya que en esta zona 1, los niveles de cobertura se ven degradados por la irregularidad del terreno y falta de línea de vista por ser una zona montañosa tal como se muestra en la Figura 19.

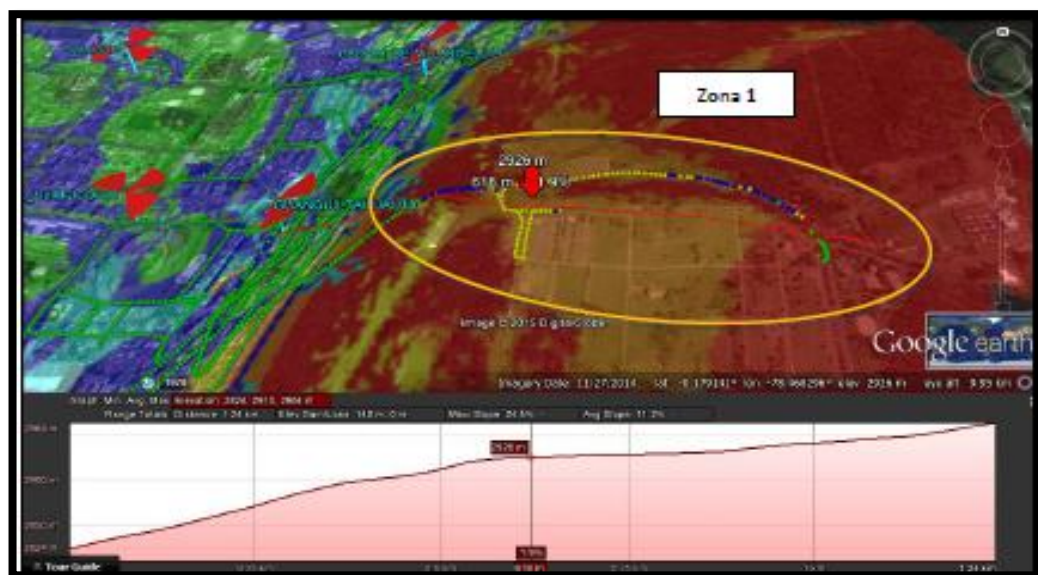


Figura 19. Especificación del punto de la zona de Exclusión-Predicción

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

3.5. RADIO DE BUSQUEDA, SITIO NOMINAL Y UBICACIÓN DE OPCIONES

Para la obtención de la ubicación del sitio como primer paso se toma en cuenta la utilización de la herramienta Google Earth, ya que nos permite visualizar de forma geográfica los sectores a los que se va dar cobertura, ubicando los puntos más estratégicos para poder cubrir los huecos de cobertura que se dan en los Sectores del Batan Alto y Batan Bajo de la zona norte de Quito.

Para la zona de búsqueda se debe contar con el apoyo de un equipo de personas que conforman las cuatro áreas importantes como son: Radio Frecuencia o RF, Transmisión, Obra Civil, Energía y adicionalmente el negociador el cual realiza la documentación necesaria para el alquiler del espacio físico donde será posible la instalación de equipos para el nuevo Nodo_B; tomando en cuenta que el criterio de RF es el que predomina en el cumplimiento de los objetivos de cobertura, el cual es solventar los bajos niveles de señal celular.

Una vez que se llega a un acuerdo entre todas las áreas que intervienen en la búsqueda de las opciones y en el diseño e implementación del nuevo Nodo_B, en el cuál todos los candidatos u opciones deben ser válidos, ya que deben cumplir con los objetivos de cobertura.

Por lo tanto se escogieron dos puntos candidatos denominados OPC1 y OPC2, mismos que cumplen con los objetivos de RF, tomando en cuenta que según los criterios de RF, la OPC1 es la que predomina entre cualquier opción elegida, pero si el Ingeniero Civil determina que la estructura no soporta los equipos a instalar, como también si el negociador no pudo quedar con un neto acuerdo con el propietario, se toma en cuenta la OPC2, pero en este caso como no existe ningún inconveniente o impedimento se eligió la OPC1 ya que cumple con los requerimientos de las cuatro áreas antes mencionadas.

En la Figura 20 se puede visualizar la OPC1 y OPC2, los cuales fueron escogidos por tener un área o espacio disponible para la instalación de equipos, además de cumplir con los objetivos de cobertura de RF.

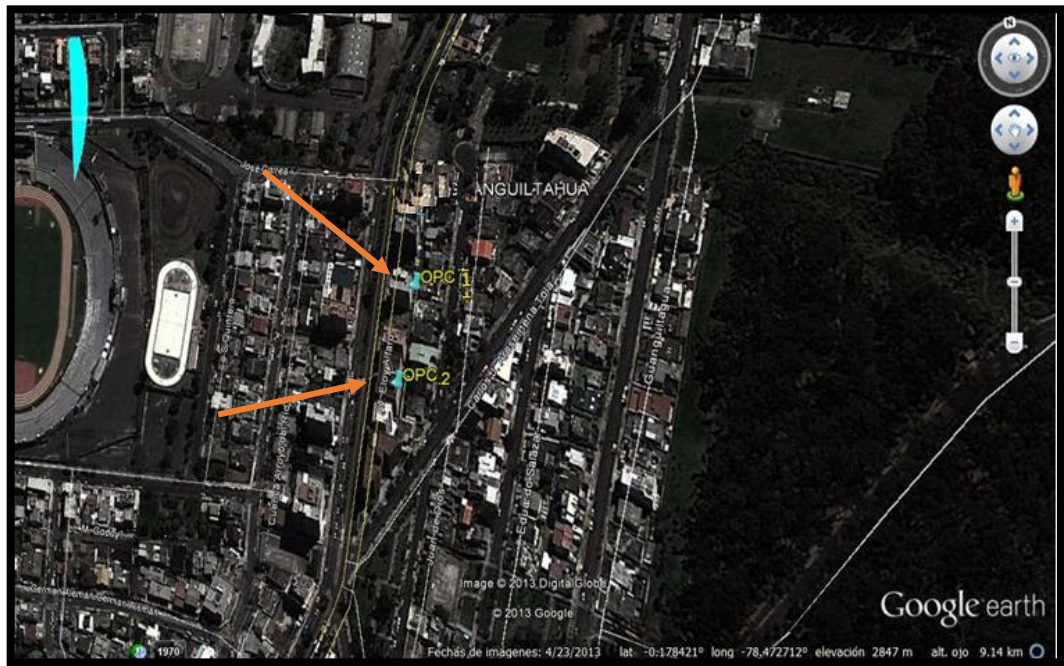


Figura 20. Radio de búsqueda, sitio nominal y ubicación de opciones.
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei

3.5.1. Elección del Sitio Nominal

3.5.1.1. Elección de OPC1



Figura 21. VISTA GENERAL DE LA OPC1
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

Este candidato de la Figura 21, dispone de una terraza con espacio disponible de 15m^2 de área de instalación para ubicar los equipos de transmisión y el sistema de antenas, el edificio posee una altura de 27m, además que el propietario posee las escrituras y la documentación en regla, tomado en cuenta que la edificación presenta servicio eléctrico.

3.5.1.1.1. Fotos Panorámicas de OPC1

Las fotos panorámicas se realizan como parámetros técnicos de optimización; para tener una mejor apreciación visual de la zona que se desea cubrir; de acuerdo a mejores prácticas emitidas por fabricantes tales como: Huawei y Alcatel, tomadas cada 30° o 45° respectivamente; tomadas desde el punto cardinal Norte. Para el presente proyecto se realizó una sesión fotográfica que de acuerdo a cada empresa pueden ser tomadas cada 45 o cada 30 grados desde el punto norte de los alrededores de la OPC1, considerando que para nuestro Nodo_B se realizó una sesión fotográfica cada 30 grados, alrededor del OPC1.

Este proceso técnico se lo realiza con la finalidad de obtener las características geográficas, la distribución de edificaciones y obstáculos dentro de la zona de cobertura de interés, tal como se muestra en las Figuras 22 y 23; permitiendo visualizar y determinar con mayor exactitud el ángulo de azimuth medido con la brújula. Como se observa en la Figura 23, el alcance hacia el punto estratégico en el sector 1 existe obstáculos en las tomas de línea de vista tanto a 60° como a 90° ; por lo cual durante el barrido en el rango de 60° a 90° se determina que la medición de un ángulo de azimuth de 80° ; cumple con línea de vista y cobertura total hacia el punto estratégico (Peugeot) del sector 1.

Para el sector 2, el ángulo medido a 150° no cumple con satisfacer la línea de vista hacia el punto estratégico del sector 2, por lo tanto se considera variar el ángulo de azimuth a 160° , el cual permite cubrir en su totalidad el punto estratégico (Unidad Educativa) del sector 2.

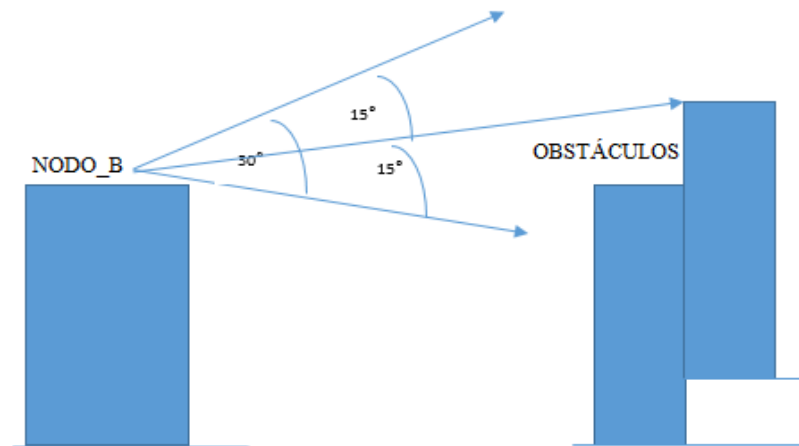


Figura 22. Visualización de Obstáculos cada 30 grados
Fuente: Elaborado por Autor





Figura 23. Sesión fotográfica cada 30 grados desde el punto norte de los alrededores de la OPC1

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

Las fotos panorámicas de la OPC1, muestran que las zonas a cubrir se encuentran con edificaciones, mismas que no afectan a la línea de vista de las antenas sectoriales a ser instaladas.

3.5.1.1.2. Objetivos de Cobertura de la OPC1

Su objetivo es mejorar la cobertura en los sectores del Batán Alto y Batán Bajo de la zona norte de Quito; para ello se recomienda instalar dos antenas sectoriales con los ángulos de azimuth visualizados en la Figura 24; los cuales fueron escogidos, ya que cumplen con línea de vista y permiten cubrir en su totalidad los puntos estratégicos; para el sector 1 (Peugeot) y para el sector 2 (Unidad Educativa).



Figura 24. Vistas de Azimuth para Sector 1 y Sector 2.

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

La OPC1 como postulante, permite establecer línea de vista hacia los objetivos planteados y está ubicado en la zona de mayor relevancia. Se lo toma en cuenta como

OPC1 desde el punto de vista de RF y del objetivo para el nuevo Nodo_B, debido a que cumple con los objetivos mencionados en este proyecto.

3.5.1.1.3. Ubicación de Equipos y Antenas de la OPC1

La ubicación de equipos nos muestra de manera representativa donde van ubicados los equipos y antenas del sistema del Nodo_B, que de acuerdo a el área de contratación para la OPC1, el lugar exige ubicar antenas sectoriales con ángulo de azimuth de 80° para el Sector 1 y ángulo de azimuth de 160° para el Sector 2, antenas que son instaladas sobre dos mástiles de 3m y los equipos UMTS en la terraza del edificio de la OPC1, tal como se muestra en la Figura 25.

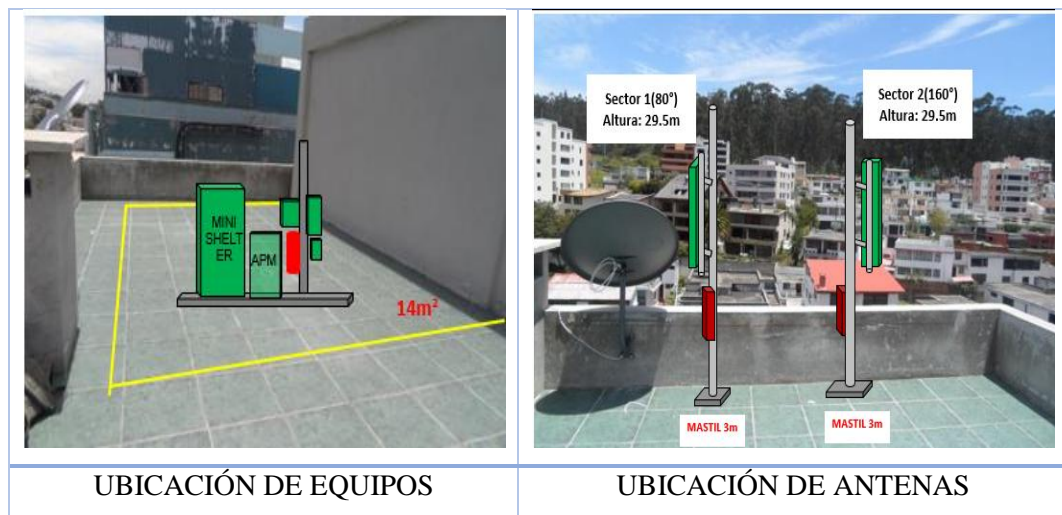


Figura 25. Ubicación de Equipos y Antenas de la OPC1.
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

3.5.1.2. Elección de OPC2



Figura 26. VISTA GENERAL DE LA OPC2.
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

Este candidato de la Figura 26, dispone de una terraza con espacio disponible de 25m^2 de área de instalación para ubicar los equipos de transmisión y el sistema de antenas, el edificio posee una altura de 25m, además que el propietario posee las escrituras y la documentación en regla, tomado en cuenta que la edificación presenta servicio eléctrico.

3.5.1.2.1. Fotos Panorámicas de OPC2

El procedimiento realizado en el apartado 3.5.1.1.1 de la OPC1, se lo utiliza con el fin de realizar la misma práctica técnica en la OPC2; para luego obtener la mejor apreciación sobre las características geográficas, la distribución de edificaciones y obstáculos dentro de la zona a cubrir de la OPC2.

Como se observa en la Figura 27, el alcance hacia el punto estratégico en el sector 1 no existen obstáculos en la toma de línea de vista a 60° , por lo tanto el ángulo de azimuth de 60° ; cumple con línea de vista y cobertura total hacia el punto estratégico (Peugeot) del sector1.

De igual manera para el sector 2, el ángulo medido a 150° si cumple con satisfacer la línea de vista hacia el punto estratégico del sector 2, por lo tanto el ángulo de azimuth de 150° ; permite cubrir en su totalidad el punto estratégico (Unidad Educativa) del sector 2.





Figura 27. Sesión fotográfica cada 30 grados desde el punto norte de los alrededores de la OPC 2.
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

Las fotos panorámicas de la OPC2, muestran que las zonas a cubrir se encuentran con edificaciones, mismas que no afectan a la línea de vista de las antenas sectoriales a ser instaladas.

3.5.1.2.2. Objetivos de Cobertura de la OPC2

El objetivo de la OPC2, se rige en el mismo objetivo del apartado 3.5.1.1.2 de la OPC1, es por ello que para la OPC2; se recomienda instalar dos antenas sectoriales con los ángulos de azimuth visualizados en la Figura 28; los cuales fueron escogidos, ya que cumplen con línea de vista y permiten cubrir en su totalidad los puntos estratégicos; para el sector 1 (Peugeot) y para el sector 2 (Unidad Educativa).

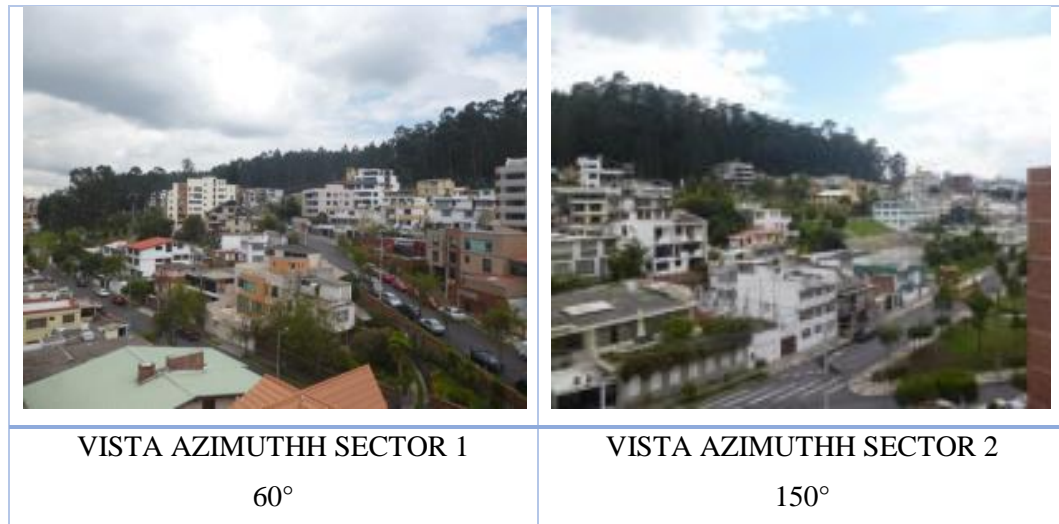


Figura 28. Vista de Azimuth en los Sectores 1 y 2.
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

3.5.1.2.3. Ubicación de Equipos y Antenas de la OPC2

La ubicación de equipos nos muestra de manera representativa donde van ubicados los equipos y antenas del sistema del Nodo_B, que de acuerdo a el área de contratación para la OPC2, el lugar exige ubicar antenas sectoriales con ángulo de azimuth de 60° para el Sector 1 y ángulo de azimuth de 150° para el Sector 2, antenas que son instaladas en la fachada del edificio con soportes simples de 2 m y los equipos UMTS en la terraza del edificio de la OPC2, tal como se muestra en la Figura 29.

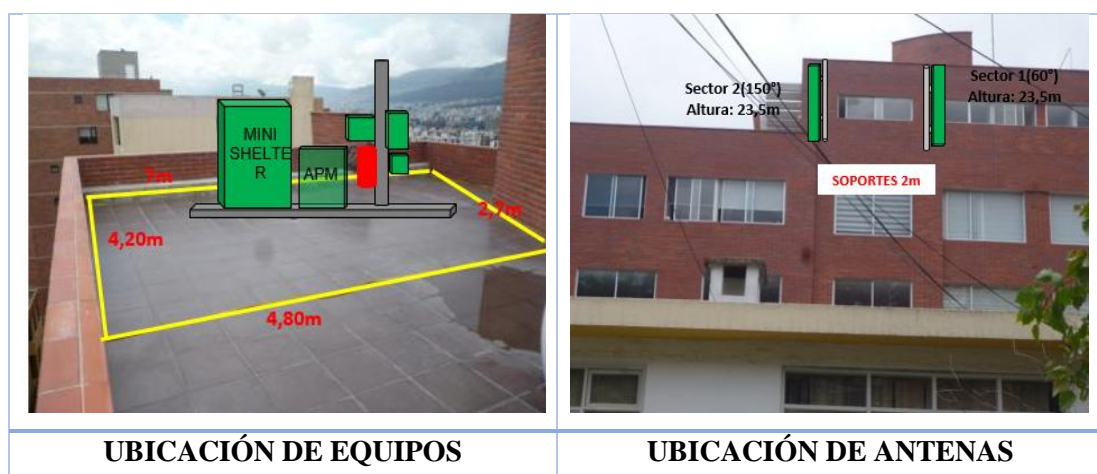


Figura 29. Ubicación de Equipos y Antenas de la OPC 2.
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

3.6. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES

Para la selección de equipos de telecomunicaciones es recomendable realizar un previo análisis de las características técnicas de los equipos relevantes en el diseño del Nodo_B, tal como son las Antenas Sectoriales, RRUs, y la BBU3900, pero en consideración a que la BBU depende de la configuración de la BTS3900; se estima realizar el análisis técnico entre Antenas Sectoriales y RRUs; mismos que son parte de los objetivos de RF área primordial en las decisiones y objetivos de cobertura. A su vez el análisis entre equipos de energía tales como: ETP48200, DCDU-03B, DCDU-03C y EMUA, son analizados por el equipo de trabajo de energía; es por ello que no están dentro de los objetivos del proyecto; por lo tanto los análisis técnicos se los realizará entre equipos de RF, por lo menos entre dos o más fabricantes, de acuerdo a los recursos que posee el operador.

En el proyecto se estiman valores aproximados del costo de los equipos de RF dependiendo del modelo, mercado y principalmente del proveedor que facilite estos equipos al Operador; los costos son confidenciales de la empresa; por lo tanto se estiman valores aproximados a los reales.

Para la elección de equipos el costo es un punto primordial en su adquisición; ya que las características técnicas pueden ser semejantes, tal como se visualizan en la Tablas 9 y 10.

Tabla 9. Características Técnicas entre Antenas Sectoriales para BTS3900 Agissson A19451811 y Katrein 742215

ANTENAS SECTORIALES PARA BTS3900		
Fabricante	HUAWEI	KATHREIN
Modelo	AGISSON A19451811	KATHREIN 742215
Rangos de Frecuencia (MHz)	1710 - 2200	1710 - 2200
Polarización (°)	45; -45	45; -45
Ganancia (dBi)	18	17.9
Ancho Lóbulo Horizontal 3dB (°)	61	66
Ancho Lóbulo Vertical 3dB (°)	6.7	6.5
Vswr / Pérdida de Retorno	< 1.5 / -14	< 1.5 / -14
Impedancia (Ω)	50	50
Máx. potencia de entrada (W)	300 (a 50 °C)	300 (a 50 °C)

Velocidad máx. del Viento Operativo (Km/h)	150	200
Conector	2x7/16 DIN hembra	2x7/16 DIN hembra
Tilt Eléctrico (°)	0 - 10	0 - 10
Tilt Mecánico (°)	0 - 12	0 - 12
Costo (USD)	1800	2000

Fuente: Recuperado de kathrein/data_sheets; Agisson/A19451811/ data_sheets; Anexo B

En la Tabla 9, nos muestra las características técnicas relevantes de los dos tipos de antenas sectoriales con fabricantes: Huawei y Katrein; para la elección de antenas se debe considerar tres puntos importantes tales como: Rango de frecuencias, Ganancia y Costo; características que son casi similares, tomando en cuenta que la ganancia de la antena sectorial Agisson es superior y el costo es menor, en consideración a la antena Katrein, por lo tanto el equipo seleccionado es la Antena AGISSON A19451811.

Tabla 10. Características Técnicas entre RRUs para BTS3900; RRU 3908V2 y RRU 3942

RRUs PARA BTS3900		
Fabricante	HUAWEI	ALCATEL
Modelo	RRU 3908 V2	RRU 3942
Alimentación Eléctrica de Entrada	\$-48 VDC; rango: -36 VDC a -57 VDC	\$-48 VDC; rango: -36 VDC a -57 VDC
Conexión con la BBU3900	Fibra Óptica	Fibra Óptica
Soporte de multibanda y multifrecuencias	1710 -2200 MHz	850 -1990 MHz
Tipo de Modulación	QPSK/16QAM/64QAM	QPSK/16QAM/64QAM
Potencia de Salida	Max potencia configurada 2 x 60 W o 40W + 80 W	Max potencia configurada 2 x 60 W o 40W + 80 W
Altura x Anchura x Profundidad	\$ 485 mm x 380 mm x 170 mm (con protección), 480 mm x 356 mm x 140 mm (sin protección)	\$ 500 mm x 350 mm x 150 mm (con protección), 495 mm x 336 mm x 120 mm (sin protección)
Peso	sin protección: 21Kg, con protección: 23Kg	sin protección: 22Kg, con protección: 25Kg
Temperatura	\$ 40°C a +45°C (con radiación solar), 40°C a +50°C (sin radiación solar)	\$ 40°C a +45°C (con radiación solar), 40°C a +50°C (sin radiación solar)
Humedad Relativa	5% RH a 100% RH	10% RH a 100% RH

Humedad Absoluta	(1-30) g/m ³	(1-30) g/m ³
Presión del Aire	70 kpa a 106 kPa	75 kpa a 110 kPa
Costo (USD)	4800	5200

Fuente: Recuperado de RRU3942-Description; RRU3908 Hardware Description; Anexo D

En la Tabla 10, de igual manera nos muestra las características técnicas relevantes de los dos tipos de RRUs con fabricantes: Huawei y Alcatel; para la elección de RRUs se consideran tres puntos importantes tales como: Rango de frecuencias, Potencia de Salida y Costo, características que se asemejan; tomando en consideración que el costo es el único parámetro no equivalente, por lo tanto el equipo seleccionado es la RRU 3908 V2.

3.7. PREDICCIONES DE COBERTURA DEL SITIO NOMINAL ELEGIDO

Este proceso de predicciones de cobertura para cada opción elegida seleccionados en el proceso de búsqueda, se las realiza con la ayuda del software GENEX U-NET, mismo que permite simular el comportamiento de cada opción elegida, de esta manera poder seleccionar cuál de las dos opciones es el mejor punto de instalación.

3.7.1. Diagrama de Radiación

El diagrama de radiación de una antena es una representación gráfica de las características de radiación. Se la puede representar de dos maneras en 2D y 3D, a continuación se detalla los diagramas de radiación de la antena Aggison A19451811 a través del software GENEX U-net.

U-Net permite la opción de importar equipos como antenas, posibilitando la opción de establecer manualmente el valor de cada parámetro en el archivo de antena, tal como se muestra en la Figura 30.

Los pasos para importar y configurar una antena son los siguientes:

1. En la ventana del explorador, click en la pestaña **Data**.
2. En el elemento de navegación seleccionar Antennas.
3. Click derecho y seleccionar la opción **New**.

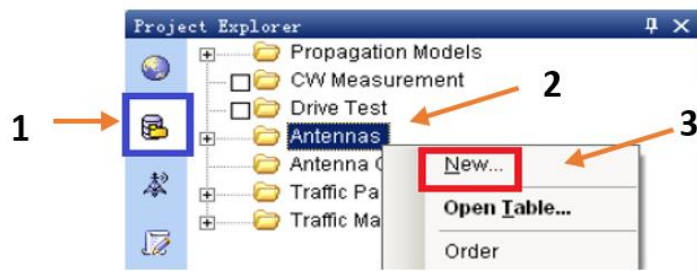


Figura 30. Importación de antena.
Fuente: Recuperado de GENEX U-Net V300R008C00

4. A continuación dentro de la pestaña **General**, se procede a llenar los parámetros básicos configurados en la antena como la información propia otorgada por el fabricante. Para consideraciones del presente diseño se ha utilizado la antena Huawei Agisson A19451811, visualizada en la Figura 31, debido a que es un tipo de antena que funciona en diferentes bandas de frecuencia tanto para 3G y LTE, de manera que son las mismas antenas que se encuentran instaladas en el sistema radiante perteneciente a las estaciones base bajo tecnología 3G-UMTS/HSPA+.

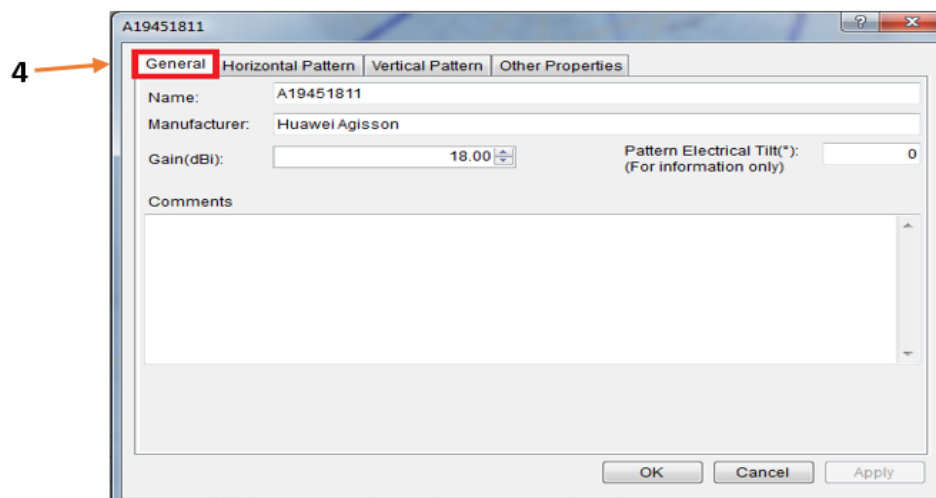


Figura 31. Configuración general de antena.
Fuente: Recuperado de GENEX U-Net V300R008C00

En la Tabla 11 se puede observar la descripción de cada parámetro de configuración general de la antena.

Tabla 11. Parámetros de configuración general de antena.

Parámetro	Descripción
Name	Se refiere al nombre de la antena que se elegirá, en este caso es: A19451811
Manufacture	Indica el fabricante de la antena: Huawei Agisson.
Gain	Indica la ganancia de la antena [dBi], el valor para este modelo es 18 dBi.
Pattern Electrical Tilt	Indica la inclinación mecánica (tilt) de la antena.

Fuente: Recuperado de GENEX U-Net V300R008C00

5. A continuación en la Figura 32, se tienen la pestaña **Horizontal Pattern** que permite importar los datos de la antena seleccionada en 3D de acuerdo a la información del datasheet, permitiendo una mejor visualización del lóbulo horizontal. El ancho del haz según el datasheet de la antena Agisson Huawei A19451811 es de 61°.

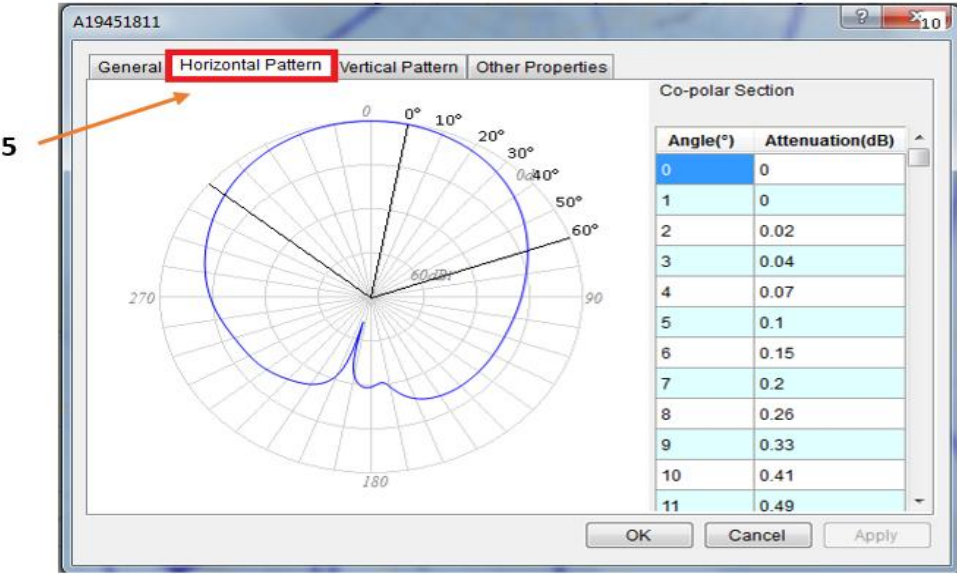


Figura 32. Configuración lóbulo horizontal.
Fuente: Recuperado de GENEX U-Net V300R008C00.

6. A continuación en la Figura 33 se tienen la pestaña **Vertical Pattern** que permite importar los datos de la antena seleccionada en 3D de acuerdo a la información del fabricante, permitiendo una mejor visualización del lóbulo vertical. El ancho del haz según el datasheet de la antena Agisson Huawei A19451811 es de 6.7°.

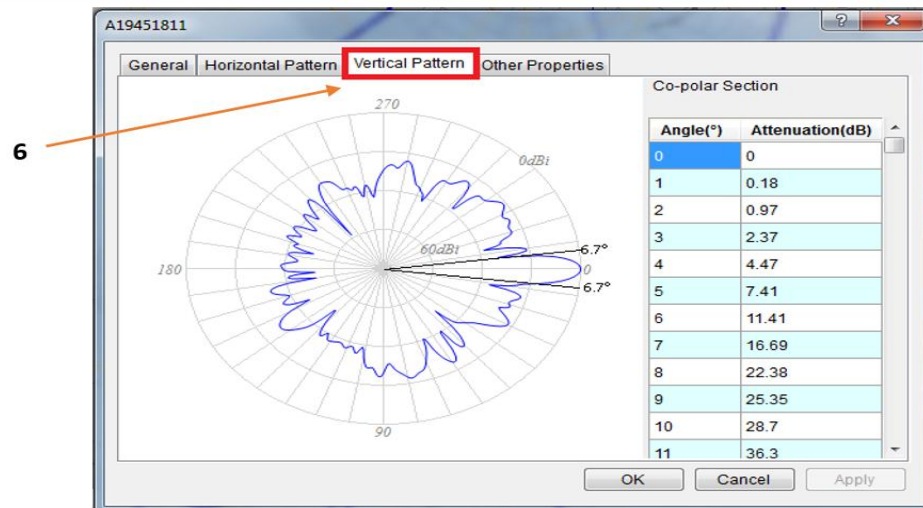


Figura 33. Configuración lóbulo vertical.
Fuente: Recuperado de GENEX U-Net V300R008C00.

En la Tabla 12 se describen los parámetros que se configuran en el lóbulo horizontal/vertical.

Tabla 12 Configuración lóbulo horizontal/vertical.

Parámetro	Descripción
Horizontal Pattern	Indica el patrón de radiación horizontal
Angle	Indica el ángulo de la antena. Rango de valores: 0° a 359°.
Attenuation (dB)	Indica el valor de la atenuación del ángulo horizontal/vertical de transmisión, la unidad es dB, para 3dB el ancho del haz horizontal es: 61° y el haz vertical de: 6.7°.

Fuente: Recuperado de GENEX U-Net V300R008C00

3.7.2. Inclinación de Antenas (Tilt)

Para brindar un buen servicio celular se debe tomar en cuenta una buena configuración tanto lógica como física, es ahí donde interviene la inclinación de antenas de transmisión y recepción.

La inclinación de antenas es un parámetro físico que ayuda en la optimización de la red, y brindar un servicio de calidad; esta inclinación está presentada en grados sexagesimales ($0^\circ - 360^\circ$).

El **Tilt** que significa inclinación y se visualiza en la Figura 34, es una terminología general para hablar sobre dicho parámetro. Cuando la antena está direccionada hacia abajo del eje horizontal se lo llama “Downtilt” y cuando está hacia arriba “Uptilt”.

Tanto para Downtilt como para Uptilt, la concentración de radiación está directamente proporcionada a la inclinación, es decir a mayor Downtilt mayor concentración de radiación y a mayor Uptilt menor concentración sobre la superficie horizontal.

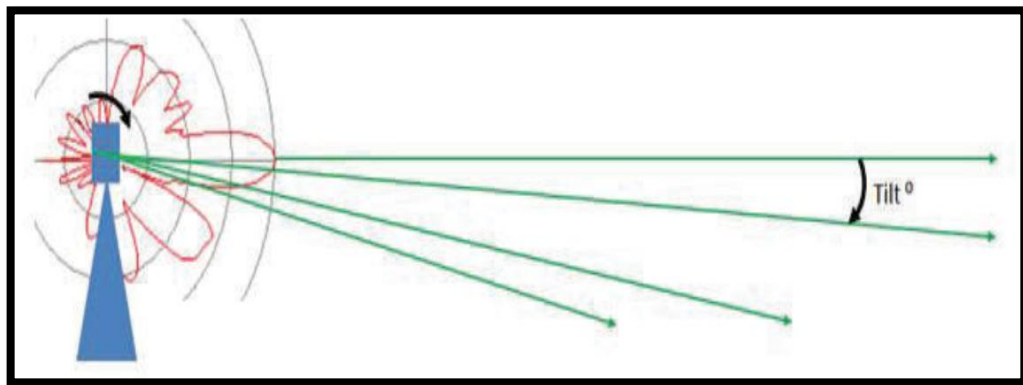


Figura 34. Inclinación o Tilt.

Fuente: Recuperado de CEDEÑO, E. F., Octubre, 2015. Quito.

3.7.3. Tilt Mecánico

Es la inclinación física de la antena, es decir que posee una inclinación sobre un eje donde se apoya el elemento radiante, el cual técnicamente se denomina erraje. Se tiene tilt positivo como tilt negativo, tal como se visualiza en la Figura 35.

3.7.3.1. Tilt Positivo

Es aquella inclinación direccionada hacia abajo, es decir Downtilt.

3.7.3.2. Tilt Negativo

Es aquella inclinación direccionada hacia arriba del eje, es decir Uptilt.

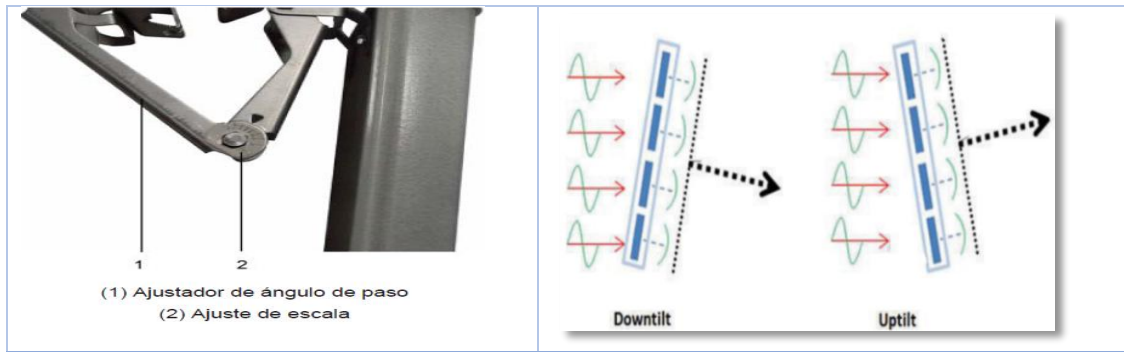


Figura 35. Tilt Mecánico.

Fuente: Recuperado de Base de Datos Huawei

A continuación se detalla los cálculos realizados del tilt mecánico de los dos sectores que va cubrir el Nodo_B Guanguiltahua, mismos que se realizan a través de la Ecuación 4, (Teorema de Pitágoras) y visualizado en la Figura 36, tomando en cuenta que una vez entregado el sitio al operador, realizan un nuevo análisis de cobertura en el cuál tanto el tilt mecánico como eléctrico pueden variar, a este proceso se le denomina como Optimización.

$$\begin{aligned} \text{Tang}(a) &= \frac{b}{d} \\ a &= \text{ArcTang}\left(\frac{b}{d}\right) \\ a &= c \end{aligned} \quad (\text{Ec.4})$$

Donde:

a y c: son los ángulo de inclinación de la antena o tilt mecánico

b: altura de la antena

d: distancia de cobertura

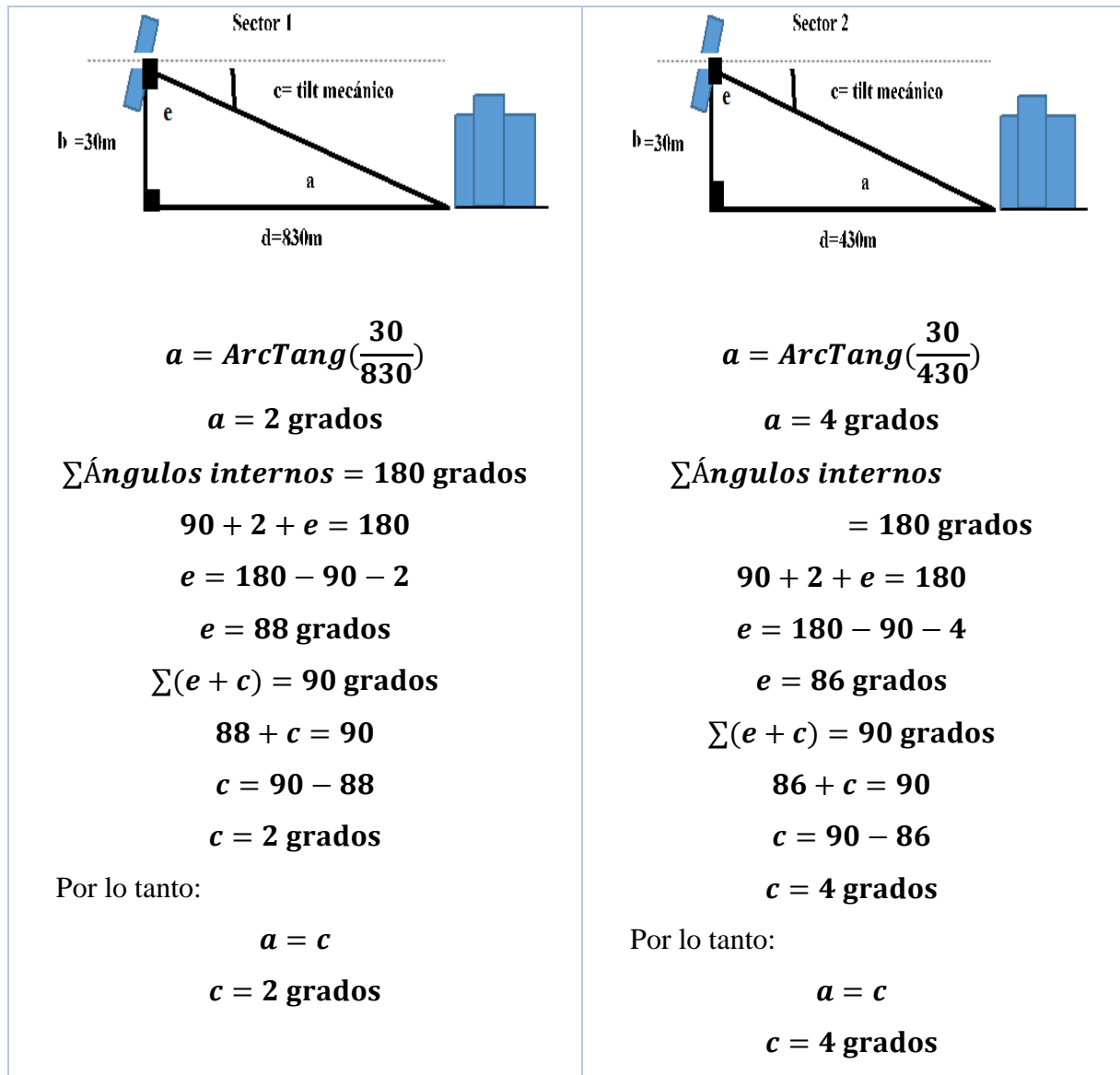


Figura 36. Cálculo del Tilt Mecánico del Sector 1 y Sector 2.

Fuente: Elaborado por Autor

3.7.4. Tilt Eléctrico

Es la inclinación no física, es decir es una variación de la fase de la señal transmitida. Se caracteriza por concentrar la energía transmitida hacia el centro de radiación y por solo tener Downtilt. El ángulo de inclinación de la fase de la señal transmitida se la modifica manualmente de la perrilla que se encuentra en la parte inferior de la antena, tal como se visualiza en la Figura 37, como también dependiendo de los puntos estratégicos solicitados por la operadora, en el primer caso que es el sector 1, el punto estratégico es la concesionaria Peugeot y en el segundo caso que es el sector 2, el punto estratégico es una Institución Educativa.

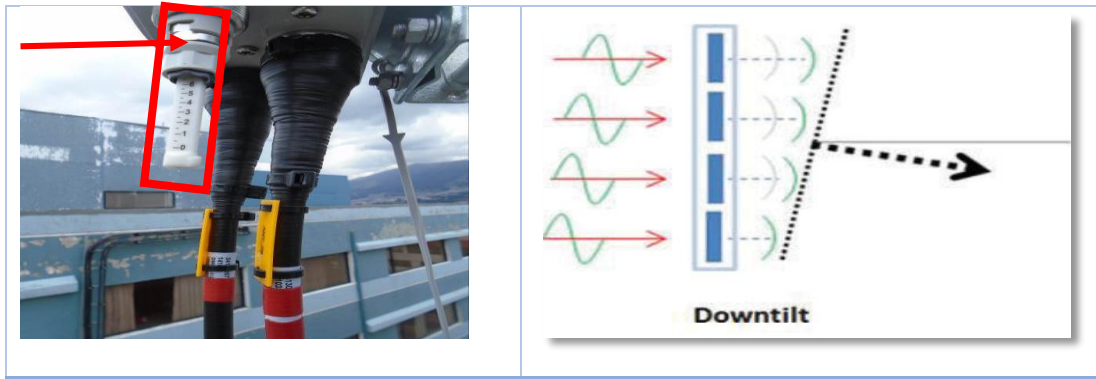


Figura 37. Tilt Eléctrico.
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei

El cálculo matemático que se visualiza en la Figura 38, se realiza de acuerdo al proceso del apartado 3.7.3, que el cálculo del tilt mecánico, con la diferencia que la distancia varía de acuerdo a los requerimientos del operador con el cliente.

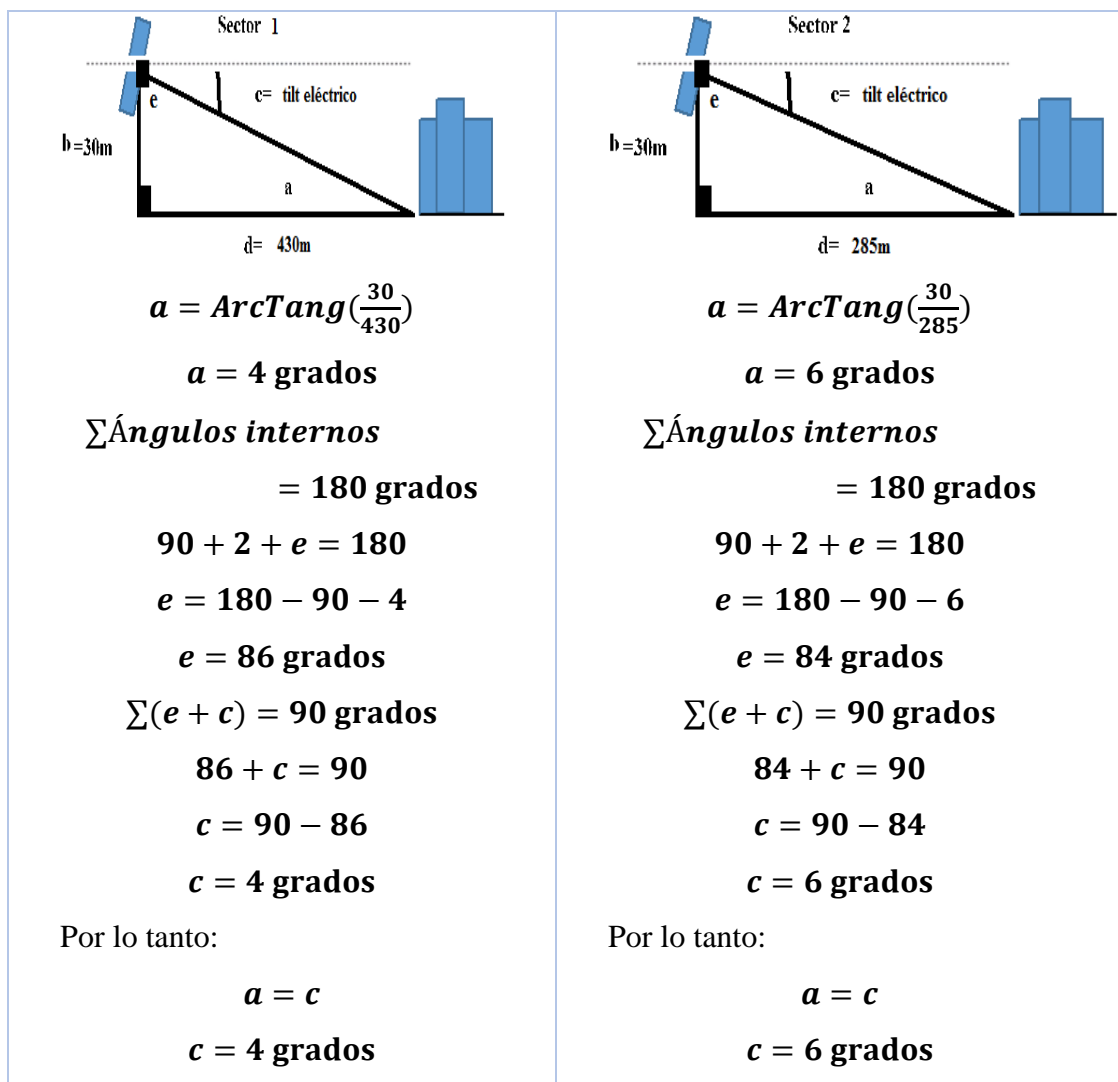


Figura 38. Cálculo del Tilt Eléctrico del Sector 1 y Sector 2.
Fuente: Elaborado por Autor

3.7.5. Azimuth

Es la orientación que tiene cada celda de un Nodo_B. Este ángulo se obtiene en una prueba técnica de campo, medido a partir del punto cardinal Norte en sentido horario de 0° a 360°, a su vez se puede verificar con una brújula herramienta primordial para determinar con exactitud el ángulo de Azimuth, tal como se visualiza en la Figura 39.

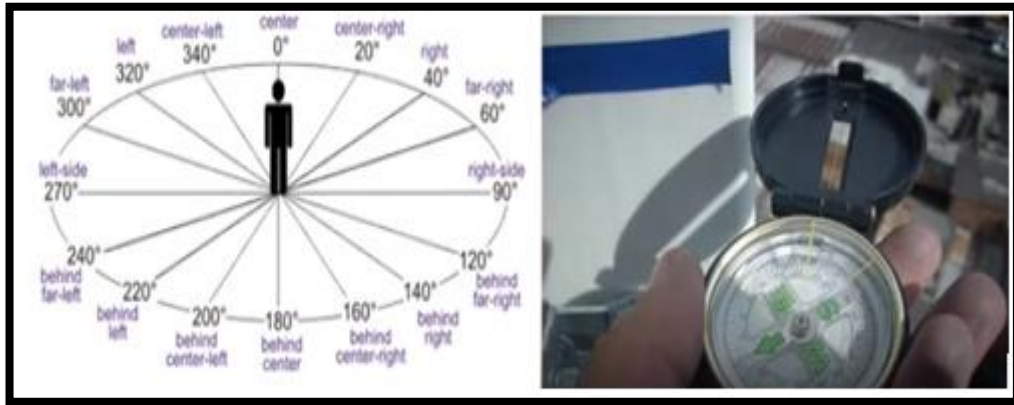


Figura 39. Orientación horizontal de Azimuth desde el punto cardinal norte de 0 a 360 grados

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei

El azimuth se lo determina en una inspección al nuevo Nodo_B, este proceso se lo realiza direccionando la brújula a los objetivos planteados; para el cálculo del ángulo de Azimuth una vez ubicados las opciones sobre Google Earth que se visualiza en la Figura 40; desde la OPC1 trazo la línea Norte y las líneas de mayor prioridad que son los puntos estratégicos para los dos sectores, dependiendo de los requerimientos del cliente – operador, mismos que cumplan con los objetivos de cobertura. Para verificar la exactitud de los ángulos se mide con la ayuda de un graduador digital sobre la zona geográfica proyectada por Google Earth, el cual permite verificar con respecto a la línea Norte que ángulos corresponden a las líneas trazadas en los dos sectores, mismos ángulos de azimuth medidos son: para el sector 1 80° y para el sector 2 160°.

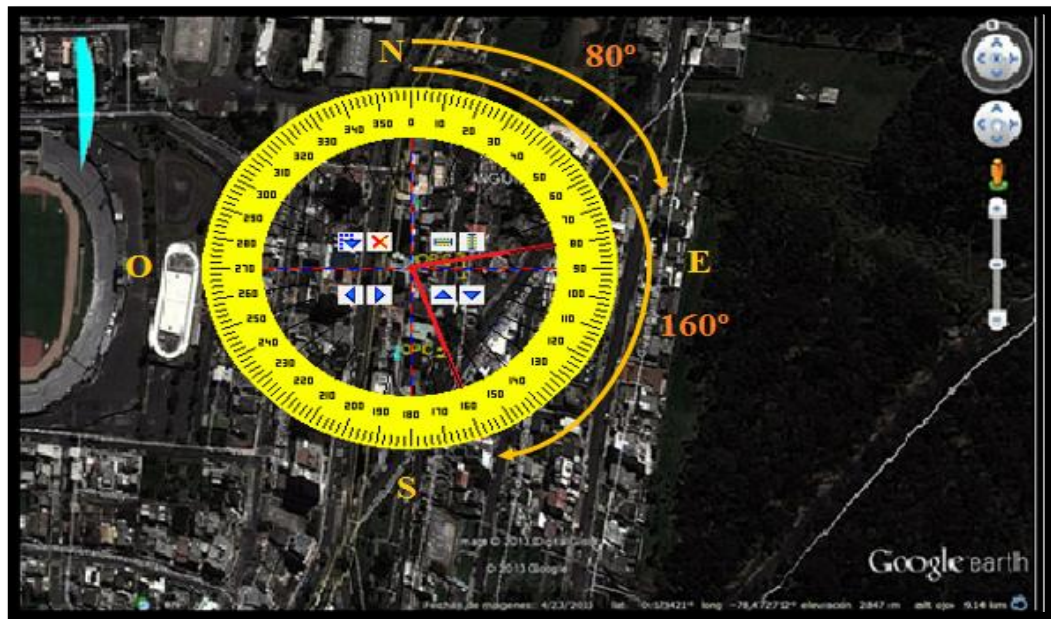


Figura 40. Orientación horizontal de Ázimuth desde el punto cardinal norte de 0 a 360 grados
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei

3.7.6. Modelo de Propagación

El modelo de propagación técnicamente permite determinar el presupuesto del enlace, mismo que nos indica la cobertura de la señal celular después de pasar por distintos factores que contribuyen a la variación de la señal, básicamente indica como la señal celular de la estación base se propaga en un determinado terreno.

Los modelos de propagación se clasifican dependiendo del medio y terreno en el cual se desea propagar la señal celular, estos pueden ser en interiores como en exteriores, estos dos tipos de modelos de propagación implican diferentes factores. En un ambiente al aire libre, accidentes geográficos y obstrucciones en la trayectoria de propagación, tales como edificios y árboles que deben ser considerados.

Las señales se desvanecen a diferentes velocidades en diferentes entornos, el desvanecimiento de las señales es mayor que el espacio libre cuando las ondas de radio se propagan en áreas abiertas, áreas suburbanas y su velocidad de desvanecimiento es más grande en zonas urbanas densas, (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., 2011, pág. 44), afirma:

Los modelos de propagación se fundamentan por lo general en base a la modificación de los factores K, los cuales se encargan de aproximar el modelo a la realidad. A continuación se enumeran los modelos más usados en sistemas móviles:

- ✓ Modelo de propagación en el Espacio Libre
- ✓ Modelo Cost 231-Hata
- ✓ Modelo de propagación estándar SPM
- ✓ Modelo Okumura - Hata

3.7.6.1. Modelo de propagación en el Espacio Libre

Cuando las ondas electromagnéticas se transmiten en este medio, donde no existe reflexión, refracción, dispersión o absorción se producen pérdidas de propagación que son causadas sólo por la dispersión de energía de las ondas electromagnéticas existentes. La comunicación por satélite y la comunicación por microondas son ejemplos típicos de propagación en el espacio libre.

Se pueden montar a cualquier altura, en este caso, se implementa comunicación LOS entre la estación base y el terminal, con línea de vista clara (CLOS) que existe entre la antena de transmisión y antena de recepción, entonces la pérdida de trayecto cumple con el modelo de espacio libre. Las pérdidas de propagación en el modelo de espacio libre, se puede verificar en la Ecuación 5, (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., 2011, pág. 46), afirma:

$$PL = 32.4 + 20 \log(d) + 20 \log(f) \quad (\text{Ec.5})$$

Cuando, d indica la distancia entre el terminal y la estación base. La unidad es en km., f indica la frecuencia de la portadora. Este modelo es aplicable a la situación cuando las antenas de la estación base y el UE se montan en una altura considerable y existe CLOS entre la estación base y el UE.

3.7.6.2. Modelo Cost231-Hata

Este modelo de propagación se puede utilizar en celdas macro, el campo de aplicación es de acuerdo a los requerimientos que menciona (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., 2011, pág. 46), afirma el modelo Cost-Hata 231 expresado en la Ecuación 6:

- ✓ Banda de frecuencia: 1500 MHz a 2000 MHz
- ✓ Altura de la estación base: 30m a 200m. La estación base debe ser superior a los edificios circundantes.
- ✓ Altura de la antena UE : 1 metro a 10 metros
- ✓ Distancia entre el transmisor y el receptor: 1 km hasta 20 km

$$Total = L - a(Hss) + Cm \quad (\text{Ec.6})$$

$$L = 46.3 + 33.9 \times \lg(f) - 13.82 \times \lg(HBS) + (44.9 - 6.55 \times \lg(HBS)) \times \lg(d)$$

Cuando, f indica la frecuencia de trabajo de la portadora. HBS indica la altura de la antena de la estación base que se mide en m. HSS indica la altura de la antena del terminal, la unidad es m, d indica la distancia entre el UE y la estación base, la unidad es km. $a(Hss)$ indica la función de la ganancia UE, esta función está relacionada con la altura de la antena y la frecuencia de trabajo del UE y el medio ambiente. El valor de Cm depende del tipo de terreno. Los valores de Cm en el estándar Cost-Hata 231, (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., 2011, pág. 47), afirma:

- ✓ En grandes ciudades: $Cm = 3$ (se define como ciudad urbana grande)
- ✓ En ciudades medianas: $Cm = 0$ (se define como ciudad urbana pequeña)
- ✓ En las zonas suburbanas: $Cm = -2 (\log (f / 28)) ^ 2 - 5.4\text{dB}$ (se define como ciudad suburbana)
- ✓ En las zonas rurales abiertas: $Cm = -4,78 \times (\lg (f)) ^ 2 + 18.33 \times \lg (f) - 40.94$
- ✓ En autopistas: $Cm = -4,78 \times (\lg (f)) ^ 2 + 18.33 \times \lg (f) - 35.94$

3.7.6.3. Modelo de Propagación Estándar (SPM)

El modelo de propagación estándar es un modelo que se deduce a partir de la fórmula del modelo Hata, este modelo es especialmente usado dentro del rango de frecuencias entre 150MHz ~ 3500MHz, para distancias de 1 a 20 km, y es muy adecuado

para tecnologías como GSM900/1800, UMTS, CDMA2000, WiMAX y LTE, (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., 2011, pág. 47), afirma la Ecuación 7:

$$P_R = P_{Tx} + G_{Tx} - (K_1 + K_2 \log(d) + K_3 \log(H_{T_{eff}}) + K_4 \text{Diffraction } nLoss + K_5 \log(d) \log(H_{T_{eff}}) + K_6 H_{R_{eff}} + K_7 \log(H_{R_{eff}}) + K_{clutter} f(clutter) + K_{hill,LOS} \quad (\text{Ec.7})$$

Donde:

P_R : Potencia recibida (dBm)

G_{Tx} : Ganancia de la Antena (dBi)

P_{Tx} : Potencia transmitida (EIRP) (dBm)

K_1 : Constante offset (dB)

K_2 : Factor multiplicador para $\log(d)$

d : Distancia entre el receptor y el transmisor (m)

K_3 : Factor multiplicador para $\log(H_{T_{eff}})$

$H_{T_{eff}}$: Altura efectiva de la antena transmisora (m)

K_4 : Factor multiplicador para cálculos de difracciones, K_4 debe ser un número positivo

$\text{Diffraction } nLoss$: Pérdidas por difracción y obstrucciones en la propagación (dB)

K_5 : Factor multiplicador para $\log(d) \log(H_{T_{eff}})$

K_6 : Factor multiplicador para $H_{R_{eff}}$

K_7 : Factor multiplicador para $\text{Log}(H_{R_{eff}})$

$H_{R_{eff}}$: Altura de la antena móvil o antena receptora (m)

$K_{clutter}$: Factor multiplicador para $f(clutter)$

$f(clutter)$: Pérdida efectiva para el clutter.

$\text{Corr}_{Montañas}$: Factor de corrección para las regiones montañosas (=0 en caso de NLOS, tecnología que no necesita línea de vista).

Este modelo utiliza el perfil del terreno, los mecanismos de difracción y tiene en cuenta las clases de ocupación del suelo (Clutter) y las alturas efectivas de las antenas con el fin de calcular la pérdida de trayectoria (path loss). La precisión del modelo SPM se basa generalmente en torno a la modificación de factores K_n , los cuales están definidos por la herramienta de predicción GNEX U-net, la Tabla 13 muestra algunos posibles valores para las constantes utilizadas en la fórmula del modelo SPM. (Forks, Febrero 2011)

Tabla 13. Valores de factores multiplicativos SPM (Densamente Urbano).

Parámetros	Mínimo	Valor Típico	Máximo
K1	Variable	Variable	Variable
K2	20	44.9	70
K3	-20	5.83	20
K4	0	0.5	0.8
K5	-10	-6.55	0
K6	-1	0	0
K7	-10	0	0

Fuente: Recuperado de Measurements and Model Calibration Guide, Forks, 2011

Se recomienda ajustar K6 a 0 y utilizar K7 en lugar de K6. K6 es un coeficiente multiplicativo en dB, lo que significa que ligeras variaciones en K6 tienen un impacto considerable en la pérdida de trayectoria.

K1 es una constante y su valor depende de la frecuencia de radio. Su valor tiene gran influencia en los valores dados a las pérdidas de clutter como se puede ver en la Tabla 14 y Tabla 15.

Tabla 14. Descripción de las pérdidas de clutter.

Frecuencia (MHz)	K1
935	12.5
1805	22
1930	23
2110	23.8
1900	23
2300	24.7
2500	25.4
2700	26.1
3300	27.8
3500	28.3

Fuente: Recuperado de Measurements and Model Calibration Guide, Forks, 2011

Tabla 15. Descripción de las pérdidas de clutter

Pérdidas de Clutter	fclutter
Denso Urbano (Edificios mayores a 7 pisos)	4 a 5 (Valor a considerar 4)
Bosque	2 a 3
Urbano (Edificios más pequeños con calles pequeñas y medianas)	0
Suburbano (Con pequeños edificios)	-5 a -3

Industrial	-5 a -3
Abierto en zonas urbanas	-6 a -4
Abierto	-12 a -10
Agua	-14 a -12

Fuente: Recuperado de Measurements and Model Calibration Guide, Forks, 2011

El promedio de las pérdidas de clutter, $f(\text{clutter})$, (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., 2011, pág. 47), afirma la Ecuación 8:

$$f(\text{clutter}) = \sum_{i=1}^n L_i \times W_i \quad (\text{Ec.8})$$

Donde:

L: pérdida debido a clutter

W: peso

n: número de puntos que se toman en cuenta sobre el perfil

3.7.6.4. Okumura-Hata Model

Este modelo de propagación fue basado en un extensivo plan de mediciones tomadas por Okumura en la ciudad de Japón. Hata proporciona ecuaciones que describen los datos recolectados por Okumura, los cuales fueron procesados y presentados en formato gráfico.

El modelo Hata como lo menciona (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., 2011, pág. 48) afirma que es válido para:

- ✓ 150 MHz a 1500 MHz.
- ✓ Altura de la antena del dispositivo móvil entre 1m y 10m.
- ✓ Altura de la antena de la estación celular entre 30m a 200m.

- ✓ Antena de la estación celular bien definida en un tipo de clutter.
- ✓ Radio de la celda entre 1km y 20km.

Existen 4 tipos de morfologías (clutter) de terreno que se usan dentro del modelo Hata:

- a. Denso Urbano:** Urbano denso, morfología de ciudad, típicamente contiene edificios, centros de negocios, altos rascacielos, crecimiento notable en la construcción de edificios conteniendo una alta densidad de abonados.
- b. Urbano:** Urbano, pesadamente construido, abarrotado con edificios medianamente altos, multifamiliares, residencias, muchas casa, largas villas con poca densidad de bosques y una población medianamente instalada.
- c. Suburbano:** Suburbano, compuesto de villas, carreteras o autopistas con pocas casas, pequeños edificios y árboles con un volumen de población mínimo.
- d. Rural:** Rural, pocos obstáculos como árboles o pequeños edificios para el camino de la propagación de la señal, con claras áreas entre 300 a 400 m libres o de campo abierto.

Este modelo de propagación presenta una serie de fórmulas que permiten realizar su cálculo correspondiente, indicado en la Ecuación 9, (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., 2011, pág. 48)

Fórmula del modelo Hata para áreas urbanas:

$$L_u = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log(h_B) - C_H + [49.9 - 6.55 \log h_B] \log d \quad (\text{Ec.9})$$

Para pequeñas y medianas ciudades:

$$C_H = 0.8 + (1.1 \log f - 0.7)h_M - 1.56 \log f$$

Para grandes ciudades:

$$C_H = 8.29(1.1 \log(1.54h_M))^2 - 1.1, \quad \text{si } 150 \leq f \leq 200$$

$$C_H = 3.2(1.1 \log(11.75h_M))^2 - 4.97, \quad \text{si } 200 < f \leq 1500$$

Donde:

L_u = Pérdida de trayecto en áreas urbanas (dB)

h_B = Altura de la estación base (m)

h_M = Altura de la antena del UE (m)

f = frecuencia de transmisión (MHz)

C_H = Factor de Corrección de la altura de la antena

d = Distancia entre la estación base y el UE (Km)

Al realizar el análisis de todos los modelos de propagación; se llegó a la conclusión de elegir el modelo de propagación estándar (SPM), ya que permite realizar mejoras antes de la planificación de la red; permitiendo obtener mejores resultados en el diseño ya que dicho modelo es netamente utilizado dentro del rango de frecuencias entre 150MHz a 3500MHz, para distancias de 1 a 20 km, y es muy adecuado para tecnologías como: GSM900/1800, UMTS, CDMA2000, WiMAX y LTE, es decir, los requerimientos del modelo SPM se acopla al diseño de la red 3G/UMTS; puesto que la distancia máxima de nuestra red es de 1 km, con la frecuencia para UMTS de 1900 MHz; de esta manera se concluye que el modelo SPM es el más apropiado para emplearlo en la predicción del Nodo_B propuesto.

El modelo SPM se lo calibra mediante las pruebas de Drive Test de RF anteriormente realizadas en campo, el proceso de calibración consiste en realizar un drive test de RF en la zona a cubrir el Nodo_B, adquiriendo información de los niveles de cobertura presente en los sectores del Batán Alto y Batán Bajo de la zona norte de Quito, tomando en cuenta la ruta que fue diseñada para el recorrido de drive test de RF, realizado anteriormente en el ítem 3.4.2.

Ejemplo del cálculo para encontrar la potencia de transmisión del canal CPICH para los sectores de Batán Alto y Batán Bajo; de acuerdo al modelo de propagación SPM que se indica en la Ecuación 7.

P_R : nivel que garantiza el servicio 3G/UMTS es de -95 a -90 dBm

G_{Tx} : 18 dBi

K_1 : 23 dB (para frecuencia 1900 MHz)

K_2 : 44.9 dB

d : 1 Km o 1000 m (distancia de cobertura máxima)

K_3 : 5.83 dB

$H_{T_{xeff}}$: 30 m

K_4 : 0.5 dB

Diffraction nLoss: 0 (=1 de existir área densamente construida)

K_5 : -6.55 dB

K_6 : 0

K_7 : 0

$H_{R_{xeff}}$: 2 m

$K_{clutter}$: 1

$f(clutter)$: 4

$K_{hill,LOS}$: 0

De la Ecuación 7,

$$P_R = P_{Tx} + G_{Tx} - (K_1 + K_2 \log(d) + K_3 \log(H_{T_{xeff}}) + K_4 \text{Diffraction nLoss} + K_5 \log(d) \log(H_{T_{xeff}}) + K_6 H_{R_{xeff}} + K_7 \log(H_{R_{xeff}}) + K_{clutter} f(clutter) + K_{hill,LOS})$$

Despejando P_{Tx} se tiene,

$$P_{Tx} = P_{Rx} - G_{Tx} + (K_1 + K_2 \log(d) + K_3 \log(H_{T_{xeff}}) + K_4 \text{Diffraction nLoss} + K_5 \log(d) \log(H_{T_{xeff}}) + K_6 H_{R_{xeff}} + K_7 \log(H_{R_{xeff}}) + K_{clutter} f(clutter) + K_{hill,LOS})$$

Reemplazando los valores,

$$P_{Tx} = -91 - 18 + (23 + 44.9 \log(1000) + 5.83 \log(30) + 0.5 (0) - 6.55 \log(1000) \log(30) + 0 (2) + 0 \log(2) + 1 (4) + 0)$$

$$P_{Tx} = -91 - 18 + (23 + 134.92 + 8.95 + 0 - 29.02 + 0 + 0 + 4 + 0)$$

$$P_{Tx} = -91 - 18 + 141,85$$

$$P_{Tx} = 32.85 \approx 33 \text{ dBm}$$

Para obtener la conversión de 33dBm to watts, se realiza a través de la Ecuación 10, (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., 2011, pág. 47)

$$P_{(W)} = 1W \cdot 10^{(33dBm/10)} / 1000 = 1.99 W \approx 2 W \quad (\text{Ec.10})$$

$$P_{Tx} = 33 dBm = 2 W$$

Mediante este resultado se obtiene que la potencia de transmisión del canal CPICH es de 2W, mismo valor de potencia que se utilizará en el software GNEX-Unet para las predicciones.

Los modelos de propagación son modelos matemáticos unos más precisos que otros porque toman en cuenta más variables, como reflexión entre edificios, accidentes geográficos, entre otros. Principalmente se utilizan en las herramientas de predicción, una de ellas y único propietario del software es Huawei, denominado GNEX-Unet, en el cual se elige el modelo de propagación dependiendo de la zona de cobertura que se desea alcanzar y el tipo de terreno.

Uno de los parámetros importantes de los modelos son las constantes Ks que deben ajustarse a la realidad, por lo tanto se realiza el Drive Test de RF con las estaciones existentes o aledañas al nuevo Nodo_B a implementar; teniendo como resultado la configuración de los parámetros más relevantes en el software de predicciones GNEX-Unet, se inserta el nuevo Nodo_B en la opción nominal elegida, siendo nuestro caso la OPC1 y posteriormente se realiza la predicción con el modelo ya configurado; por lo tanto la predicción se asemeja en gran parte a la realidad, cuando el nuevo Nodo_B se implemente.

3.7.7. Cálculo del Área de Cobertura de la Celda del Nodo_B

Para verificar el área de cobertura que posee la celda del Nodo_B planteado, se utiliza el modelo de propagación SPM por lo tanto de acuerdo a la Ecuación 7, se despeja el parámetro “d”, el cual representa el radio de cobertura de la celda. El procedimiento de despeje de la variable “d”, se presenta a continuación:

$$P_R = P_{Tx} + G_{Tx} - K_1 - K_2 \log(d) - K_3 \log(H_{T_{\text{xeff}}}) - K_4 \text{Diffraction nLoss} - K_5 \log(d) \log(H_{T_{\text{xeff}}}) - K_6 H_{R_{\text{xeff}}} - K_7 \log(H_{R_{\text{xeff}}}) - K_{\text{clutter}f(\text{clutter})} - K_{\text{hill,LOS}}$$

$$\begin{aligned} & K_2 \log(d) + K_5 \log(d) \log(H_{T_{\text{xeff}}}) \\ &= -P_{Tx} - G_{Tx} - P_R + K_1 - K_3 \log(H_{T_{\text{xeff}}}) - K_4 \text{Diffraction nLoss} \\ & \quad - K_6 H_{R_{\text{xeff}}} - K_7 \log(H_{R_{\text{xeff}}}) - K_{\text{clutter}f(\text{clutter})} - K_{\text{hill,LOS}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \log(d) (K_2 + K_5 \log(H_{T_{\text{xeff}}})) \\ &= -P_{Tx} - G_{Tx} - P_R + K_1 - K_3 \log(H_{T_{\text{xeff}}}) - K_4 \text{Diffraction nLoss} \\ & \quad - K_6 H_{R_{\text{xeff}}} - K_7 \log(H_{R_{\text{xeff}}}) - K_{\text{clutter}f(\text{clutter})} - K_{\text{hill,LOS}} \end{aligned}$$

$$\log(d) = (-P_{Tx} - G_{Tx} - P_R + K_1 - K_3 \log(H_{T_{\text{xeff}}}) - K_4 \text{Diffraction nLoss} - K_6 H_{R_{\text{xeff}}} - K_7 \log(H_{R_{\text{xeff}}}) - K_{\text{clutter}f(\text{clutter})} - K_{\text{hill,LOS}}) / (K_2 + K_5 \log(H_{T_{\text{xeff}}}))$$

$$d = 10^{\{(-P_{Tx} - G_{Tx} - P_R + K_1 - K_3 \log(H_{T_{\text{xeff}}}) - K_4 \text{Diffraction nLoss} - K_6 H_{R_{\text{xeff}}} - K_7 \log(H_{R_{\text{xeff}}}) - K_{\text{clutter}f(\text{clutter})} - K_{\text{hill,LOS}}) / (K_2 + K_5 \log(H_{T_{\text{xeff}}}))\}}$$

Despejando la variable “d”, y reemplazando los valores obtenidos en el modelo de propagación SPM se tiene:

$$d = 10^{\{(-33 - 18 - (-91) + 23 - 8.61 - 0.5 (0) - 0.5 (0) - 1 (4) - 0) / (44.9 + 9.67)\}}$$

$$d = 10^{\{0.92\}}$$

$$d = 8.31 \text{ Km}; \text{ Radio de cobertura de la celda del Nodo_B}$$

Por lo tanto, el área de cobertura de la celda del Nodo_B, se calcula a través de la Ecuación 11, y visualizado en la Figura 41.

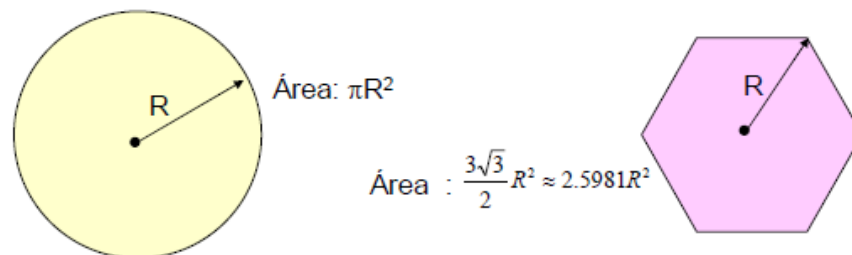


Figura. 41. Área de Cobertura para una Celda Celular

Fuente: Recuperado de Generalidades de Redes Celulares, Atel Asesores C.A, Prof. Diógenes Marciano

$$\text{Área} = 2.5981 * R^2 \quad (\text{Ec.11})$$

Reemplazando el radio calculado de la celda del Nodo_B propuesto, se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Área} &= 2.5981 * 8.31^2 \\ \text{Área} &= \mathbf{21.59 \text{ Km}^2}; \text{Área de cobertura de la celda del Nodo_B} \end{aligned}$$

3.7.8. Presupuesto del Enlace “LINK BUDGET”

Link Budget son los parámetros iniciales para que la nueva estación que entra a la red se acople y pueda funcionar correctamente con su entorno, los parámetros de celda del nuevo Nodo_B, los parámetros de potencia y CPICH son los que se configuran en la herramienta de predicción. (O. S. Roig, 2003, pág. 27), afirma,

Es una forma de calificar el rendimiento de la transmisión, se resume como la contabilidad de todas las ganancias y pérdidas ocurridas a través del medio de transmisión, indica el desempeño que el nuevo sistema de radio llevará a cabo cuando se implemente sobre las estaciones bases existentes diseñadas bajo tecnología UMTS/HSPA+.

a. Potencia de Transmisión con respecto al Canal CPICH

Los diseñadores de telefonía móvil UE han estandarizado la potencia en 4 niveles de potencias: 33dBm, 27dBm, 24dBm y 21dBm. Pero en nuestro caso el utilizado y calculado es 33 dBm - 2W, que es el 10% de la potencia máxima de transmisión del Nodo_B.

b. Potencia de Transmisión Máxima del Nodo_B

El valor de la potencia máxima del Nodo_B se obtiene con la relación de la potencia del canal CPICH, considerando una regla de 3.

- ✓ CPICH= 2W correspondiente al 10% de la potencia máxima
- ✓ CPICH= 2W*10 = 20W

Entonces para calcular la Potencia de Transmisión Máxima en unidad (dBm), (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., 2011, pág. 47), utiliza la Ecuación 12,

$$P_{dBm} = 10 \log \left(1000 * \left(\frac{P_w}{1w} \right) \right) \quad (\text{Ec.12})$$

Reemplazando valores en la fórmula, se obtiene el valor de la Potencia de Transmisión Máxima con la que trabaja el Nodo_B:

$$P_{MaxTx} = 10 \log \left(1000 * \left(\frac{20w}{1w} \right) \right)$$

$$P_{MaxTx} = 43 \text{ dBm}$$

b. Ganancia de la Antena del UE

La ganancia de la antena UE, (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., 2011, pág. 66), afirma que cada modelo de UE tiene diferentes ganancias, parámetros que no permiten determinar una ganancia referencial para cada UE, por lo tanto el valor típico es de 0 dBi.

c. Ganancia del Proceso

Indica la ganancia obtenida en las pruebas estáticas, verificando el tráfico o Throughput existente en el punto estático con referencia al Radio taxi El Batán.

La Tabla 16 y Figura 42, muestran los puntos seleccionados para las pruebas estáticas así como el resultado de las mismas.

Tabla 16. Datos Geográficos del Punto Estático

Puntos Estáticos	Referencia	Longitud (°)	Latitud(°)
1	Radio Taxi El Batán	-78.473609°	-0.179300°

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei



Figura 42. Ubicación Geográfica del Punto Estático donde se realizan las pruebas de Throughput
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei

Por lo tanto una vez determinado el punto estático se procede a verificar los valores máximo y promedio del UMTS Throughput, obtenido en los resultados del Drive Test de RF, visualizados en la Figura 43 y detallados en la Tabla 17.

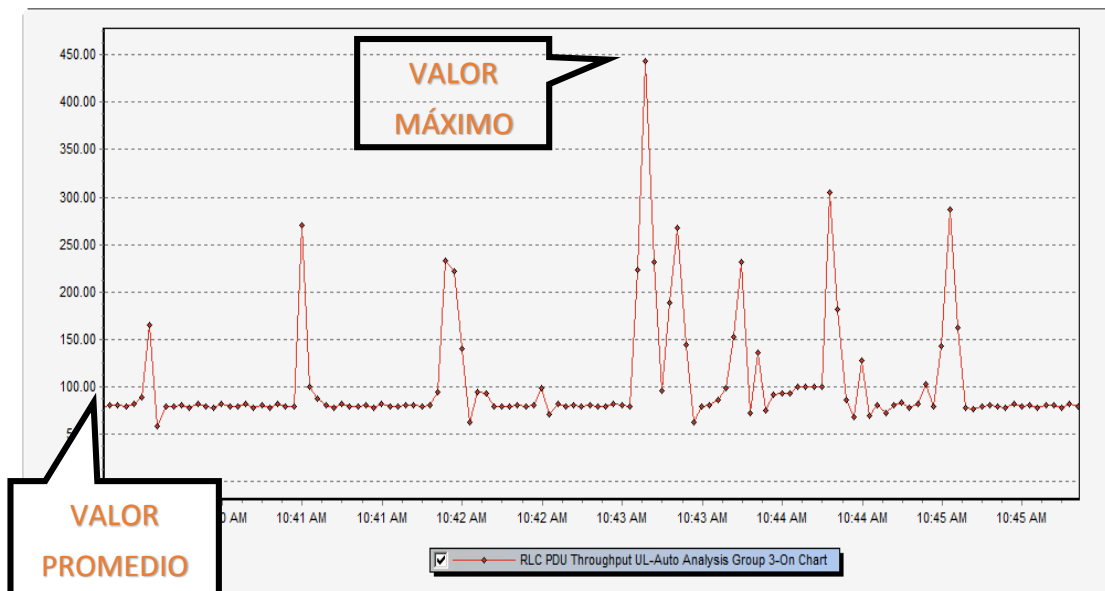


Figura 43. Throughput UL existente en el punto estático.
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei

Tabla 17. Valores Máximo y Promedio del UMTS Throughput

Puntos Estáticos	Throughput UL	Máximo (kbps)	Promedio (kbps)
1	Prueba Estática UMTS	449.29	88.01

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei

Una vez determinados los valores: máximo y promedio, (Gallegos Rodríguez & Galindo Hidalgo, 2006, pág. 186), se remplaza en la Ecuación 13.

$$G_p = 10 \log \left(\frac{\text{Valor Máximo de Throughput UL (kbps)} * 1000}{\text{Valor Promedio de Throughput UL (kbps)}} \right) \quad (\text{Ec. 13})$$

$$G_p = 10 \log \left(\frac{449.29 \text{ kbps} * 1000}{88.01 \text{ kbps}} \right)$$

$$G_p = 37.07 \text{ dB}$$

d. Potencia de Ruido Térmico (P_N)

Es un ruido generado por el movimiento molecular dentro de un Nodo_B. Se basa en la Ecuación 14, (Gallegos Rodríguez & Galindo Hidalgo, 2006, pág. 186)

$$P_N = 10 \log(K * T * \text{Valor Máximo de Throughput UL (kbps)} * B) + 30 \text{ (dBm)} \quad (\text{Ec.14})$$

Donde:

K Constante de Boltzmann`s = $1.38 * 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$

T Temperatura en grados Kelvin = $290 \text{ }^\circ\text{K}$

B Ancho de Banda de la Portadora= 5 MHz

Remplazando:

$$P_N = 10 \log(290^\circ K * 1.38 * 10^{-23} \frac{J}{^\circ K} * 449.29 \text{ kbps} * 5000000 \text{ Hz}) + 30 \text{ (dBm)}$$

$$P_N = -111.86 + 30 \text{ (dBm)}$$

$$P_N = -81.86 \text{ dBm}$$

e. Factor de ruido (NF)

Es la degradación de la relación señal/ruido provocada por los equipos instalados en el Nodo_B, (Gallegos Rodríguez & Galindo Hidalgo, 2006, pág. 187), afirma que es recomendable 4 dB.

f. Target Eb/No

Es la densidad de energía en el ruido espectral, se mide en el receptor e indica qué tan fuerte es la señal, (Gallegos Rodríguez & Galindo Hidalgo, 2006, pág. 187), afirma que es recomendable 4,50 dB.

g. Sensibilidad del Receptor (P_{in})

Es el nivel mínimo de señal de RF que puede detectarse en la entrada del receptor y todavía producir una señal de información demodulada utilizable y se determina fundamentalmente el alcance del sistema, (Gallegos Rodríguez & Galindo Hidalgo, 2006, pág. 187), afirma se puede verificar a través de la Ecuación 15.

$$Pin_{BS} = (10 \log(K * T * \text{Valor Máximo de Throughput UL (kbps)} * B) + 30) + NF + Eb/Nt - Gp \quad \textbf{(Ec.15)}$$

Reemplazando valores se tiene:

$$Pin_{BS} = -81,86 \text{ dBm} + 4 \text{ dB} + 4,50 \text{ dB} - 37,07 \text{ dB}$$

$$Pin_{BS} = -110,43 \text{ dBm}$$

h. Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (EIRP)

Es la potencia que da como resultado de la resta de las potencias de transmisión menos las pérdidas de cables-conectores y más la ganancia de la antena, tal como se aprecia en la Ecuación 16, (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., 2011, pág. 51), afirma:

$$\text{EIRP (dBm)} = \text{PS} + \text{GT (dB)} - L_{\text{CABLE Y CONECTOR}} \quad (\text{Ec.16})$$

Donde:

PS: potencia radiada desde la antena

GT: ganancia de la antena de transmisión.

L_{CABLE Y CONECTOR}: pérdidas del cable y conectores

Reemplazando valores se tiene:

PS: 2 W = 33 dBm

GT: 18 dBi

L_{CABLE Y CONECTOR}: 0.4dB (Sector 1) + 0.4dB (Sector 2) = 0.8dB

$$\text{EIRP} = 33 \text{ dBm} + 18 \text{ dBi} - 0.8 \text{ dB}$$

$$\text{EIRP} = 50,2 \text{ (dBm)}$$

i. Ganancia de la Antena Sectorial de Transmisión

Indica la relación de la densidad de potencia de las señales generadas por la antena real y la unidad de radiación ideal cuando la potencia de entrada es idéntica. La ganancia de la antena cuantifica el grado en el cual una antena transmite la potencia de entrada. Para aumentar la ganancia se debe reducir la anchura del lóbulo de la radiación en el plano vertical y mantener el rendimiento de radiación omnidireccional en el plano horizontal: la ganancia de las antenas será de 18 dBi, ya que las estaciones base se encuentran distribuidas en zonas urbanas densamente pobladas, para verificar la ganancia que se necesita para cada sector se determina a través de la fórmula expresada en la Ecuación 17, (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., 2011, pág. 54), afirma.

$$G(Tx) = 10 \log \left[\frac{32000}{(A * B)} \right] \quad (\text{Ec. 17})$$

Donde:

G_{Tx} : Ganancia de la antena Transmisora (dBi)

A : Ancho de Az Horizontal con respecto al ángulo de Azimuth (°)

B : Ancho de Az Vertical con respecto a los Tilts configurados (°)

Ejemplo de G_{Tx} para las antenas sectoriales del sector 1 y sector 2:

$$G(Tx) = 10 \log \left[\frac{32000}{(80 * (2 + 4))} \right]$$

$$G(Tx) = 18 \text{ dBi ; Sector 1}$$

$$G(Tx) = 10 \log \left[\frac{32000}{(160 * (4 + 6))} \right]$$

$$G(Tx) = 13 \text{ dBi ; Sector 2}$$

Como se puede apreciar en los cálculos realizados para establecer la ganancia que se necesita para cubrir la zona de cobertura que se desea alcanzar, estiman ganancias no máximas a 18dBi, tomando en cuenta que el Nodo_B se encuentra en una zona urbana densamente poblada; esto significa que la ganancia que se necesita para cada sector corresponde a 18dBi, acoplándose a la ganancia que tiene la antena a utilizar.

j. Pérdida por Cable y Conector (LBS)

Indica la pérdida de señal causada por diversos dispositivos que se encuentran en el camino de la antena para el receptor, la pérdida total del cable y el conector se reduce en gran medida aproximadamente a 0,8 dB, ya que el valor de pérdida del conector es depreciable, verificar valores de pérdida de Jumper en Anexo H.

10.7 dB ----- 100 m

X ----- 8 m

$$x = \frac{10.7 \text{ dB} * 8 \text{ m}}{100 \text{ m}}$$

$$x = 0.8 \text{ dB}$$

Tabla. 18. Características principales del Cable RF

Datos del Cable de RF	Características
Tipo de cable RF	Jumper LDF4-50A
Frecuencia	0.5 – 8800 MHz
Diámetro de Jumper	1/2"
Distancia de Jumper a Instalar por cada Sector	8 m (Sector 1- 4m) y (Sector 2 - 4m)
Pérdida de Jumper en la frecuencia de 2000 MHz a 100 m según datasheet	10.7 dB
Pérdida de Jumper en la frecuencia de 2000 MHz a 8 metros a instalar	0.8 dB

Fuente: Elaborado por Autor

k. Pérdida por el cuerpo

Estas pérdidas, (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., 2011, pág. 51), afirma que son producidas, debido al bloqueo de la señal y la absorción cuando una antena UE está pegado al cuerpo humano, por lo general presenta aproximadamente una pérdida de 3dB para voz, mientras que para las demás aplicaciones no se consideran pérdidas ya que se guarda cierta distancia con el cuerpo.

l. Pérdidas de penetración

Las pérdidas presentes por las obstrucciones en ambientes outdoor, lo que hace que degrade la intensidad de la señal, (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., 2011, pág. 50)

afirma valores de 5 a 15 por ser una Zona Densamente Urbana en nuestro caso considerar el valor de 5 en pérdida de penetración.

m. Margen de Desvanecimiento

Son las variaciones exageradas que toma la señal y depende de las características de ubicación o movilización del UE, (Gallegos Rodríguez & Galindo Hidalgo, 2006, pág. 188), afirma un valor de desvanecimiento de 10,3 dB por ser una Zona Densamente Urbana.

n. Desviación estándar por sombra o desviación estándar compuesta

En general es causado por efectos como el sombreado en donde el camino entre transmisor y receptor se oscurece como por ejemplo una colina, para este parámetro, (Gallegos Rodríguez & Galindo Hidalgo, 2006, pág. 188), afirma un valor de 8 dB.

o. Desvanecimiento de Multitrayecto (DM)

El desvanecimiento multitrayecto es uno de los fenómenos que más se presentan en el canal de radio y que más afecta a las señales que viajan a través de él. Para determinar el desvanecimiento multitrayecto es el resultado de la suma del desvanecimiento plano y el desvanecimiento selectivo, tal como se muestra en la Ecuación 18.

$$P_{DM} = P_{flat} + P_{sel} \quad (\text{Ec.18})$$

Fuente: Recuperado de Ingvar Henne & Per Thorvaldsen, Segunda edición, Nera 2002

- 1. Desvanecimiento plano:** Indica que la probabilidad de que el nivel recibido se desvanecerá por debajo del nivel del espacio libre, su cálculo se lo realiza a través de la Ecuación 19.

$$P_{flat} = P_0 * 10^{F/10} \quad (\text{Ec.19})$$

Fuente: Recuperado de Ingvar Henne & Per Thorvaldsen, Segunda edición, Nera 2002

Donde:

P_0 : Factor de ocurrencia de desvanecimiento

F: Margen de desvanecimiento

A su vez P_0 ; se calcula a través de la Ecuación 20.

$$P_0 = 0.3 * a * b * f/4 * (d/50)^3 \quad (\text{Ec.20})$$

Fuente: Recuperado de Ingvar Henne & Per Thorvaldsen, Segunda edición, Nera 2002

En la cual se detallan las siguientes variables:

a: Factor climático (4 por ser una zona Ecuatorial, terreno medianamente irregular, enlaces de radio sobre edificios)

f: Frecuencia de operación del Nodo_B (1900 MHz)

d: Longitud Transmisor (Nodo_B), con el Receptor (UE); (0.5 Km)

Para determinar la variable “b”, se utiliza la Ecuación 21, a través de ella se tiene:

$$b = (15 / S)^{1.3} \quad (\text{Ec.21})$$

Fuente: Recuperado de Ingvar Henne & Per Thorvaldsen, Segunda edición, Nera 2002

Donde:

S: es la desviación estándar por sombra

Reemplazando el valor de la desviación estándar se tiene:

$$b = (15 / 8)^{1.3}$$

$$b = 2.26$$

Al obtener los resultados de las variables de P_0 , y reemplazando dichos resultados en la Ecuación 19 se tiene:

$$P_0 = 0.3 * 4 * 2.26 * 1900/4 * (0.5/50)^3$$

$$P_0 = 0.019$$

Por lo tanto; al reemplazar en la Ecuación 19, todos los cálculos realizados en los pasos anteriores se tiene:

$$P_{\text{flat}} = 0.019 * 10^{10.3/10}$$

$$P_{\text{flat}} = 0.20 \text{ dB}$$

2. Desvanecimiento selectivo: Es el resultado de reflexiones sobre las edificaciones, que son inducidas por anomalías atmosféricas, produciendo múltiples caminos de propagación entre el transmisor y el receptor, su cálculo se lo realiza a través de la Ecuación 22.

$$P_{\text{sel}} = 4.3 * 10^{-3} * \eta * sf * (\tau_m^2 / \tau_0) \quad (\text{Ec.22})$$

Fuente: Recuperado de Ingvar Henne & Per Thorvaldsen, Segunda edición, Nera 2002

Para obtener los valores correspondientes a cada variable de la Ecuación 22; se realiza los siguientes cálculos:

Para η que es el factor de ocurrencia de desvanecimiento P_0 , se lo calcula a través de la Ecuación 23.

$$\eta = 1 - \exp\{-0.2 * (P_0/100)^{3/4}\} \quad (\text{Ec.23})$$

Fuente: Recuperado de Ingvar Henne & Per Thorvaldsen, Segunda edición, Nera 2002

Reemplazando el cálculo obtenido de P_0 , se tiene:

$$\eta = 1 - \exp\{-0.2 * (1.29/100)^{3/4}\}$$

$$\eta = 7.62$$

Para sf que es el factor de firma, su cálculo se determina por la Ecuación 24.

$$sf = \int_{-\frac{W}{2}}^{\frac{W}{2}} 10^{(-Bc/20)} dW \quad (\text{Ec.24})$$

Fuente: Recuperado de Ingvar Henne & Per Thorvaldsen, Segunda edición, Nera 2002

Donde

W: es el ancho de banda del Nodo_B (5 MHz)

Bc: valor crítico de la profundidad para producir un (BER), según (Henne & Thorvaldsen, 2002), afirma un valor de 10^{-6} .

Resolviendo la integral y reemplazando valores, se tiene:

$$sf = 10^{\{(-10^{-6})/20\} * (5/2 + 5/2)}$$

$$sf = 4,99$$

Para τ_m que es el retardo temporal medio, se reemplaza una distancia media (0.5Km), de la distancia total a cubrir el Nodo_B (1 Km); se determina esta distancia de 0.5Km, ya que es la distancia que tiene el transmisor (Nodo_B), con el receptor (UE), distancia que se reemplaza en la Ecuación 25, obteniendo lo siguiente:

$$\tau_m = 0.7 * (d/50)^{1.5} \quad (\text{Ec.25})$$

Fuente: Recuperado de Ingvar Henne & Per Thorvaldsen, Segunda edición, Nera 2002

$$\tau_m = 0.7 * (0.5/50)^{1.5}$$

$$\tau_m = 7 \text{ nseg}$$

Para τ_0 que es el tiempo de retardo durante la medida de las curvas de firma, (Henne & Thorvaldsen, 2002), afirma un valor de 6.3 nseg.

Reemplazando en la Ecuación 22, todos los cálculos obtenidos en los pasos anteriores, se tiene:

$$P_{sel} = 4.3 * 10^{-3} * 7.62 * 4.9 * (7^2 / 6.3)$$

$$P_{sel} = 1.25 \text{ dB}$$

Por lo tanto, con los valores obtenidos en los cálculos correspondientes, al desvanecimiento plano, de 0.20 dB y del desvanecimiento selectivo, de 1.25 dB; se tiene como resultado para el desvanecimiento multitrayecto un valor de **1.45 dB**.

p. Ganancia SHO

Este parámetro especifica un valor recomendado para la garantía del cambio de celda dentro de la zona densamente urbana, misma donde se encuentra implementada el Nodo_B, (Gallegos Rodríguez & Galindo Hidalgo, 2006, pág. 188), afirma un valor de 4 dB.

q. Factor de Carga (FC)

Es el valor en porcentaje de la carga de tráfico o la potencia total utilizada en el Nodo_B, de acuerdo a los criterios empíricos utilizados por proveedores y operadores se considera una carga supuesta de 50% o del 100% de la carga total, como valores típicos mínimo y máximo. Este factor se determina como la sobrecarga de usuarios conectados a partir del 50% según lo definido en (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., 2011, pág. 51).

r. Margen de Interferencia (MI)

Es aquella que determina el balanceo del enlace, tomando en cuenta el factor de carga de las celdas, ya que influye sobre la cobertura de la celda, estimando que mientras mayor es la carga de la celda, mayor es el margen de interferencia que se debe aplicar, ya que cada usuario conectado a las celdas del Nodo_B representan una interferencia para el resto de usuarios conectados en el misma celda. Por lo tanto si la carga es mayor, mayores interferencias y menor será la cobertura de la celda. De acuerdo a estos criterios se sugiere utilizar un margen de interferencia menor, ya que la limitación en el tamaño de la celda se determina por la máxima pérdida de propagación en el enlace y no por la capacidad en la interfaz de aire. El cálculo del margen de interferencia según (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., 2011, pág. 51) afirma la Ecuación 26.

$$MI = -10 \log(1 - FC) \quad (\text{Ec.26})$$

Reemplazando el valor del factor de Carga en la Ecuación 25, se tiene:

$$MI = -10 \log(1 - 0.5)$$

$$MI = 3,01 \text{ dB}$$

s. **Ruido de Fondo (RF)**

Es la medida de la señal creada a partir de la suma de todas las fuentes de ruido y las señales no deseadas dentro de un sistema de medición, donde el ruido se define como cualquier otra señal distinta a la que se está monitoreando. Este parámetro es muy importante ya que (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., 2011, pág. 52), afirma que es el resultado de la Potencia de ruido térmico más el factor de ruido y más el margen de interferencia, tal como se muestra en la Ecuación 27.

$$RF = PN + NF + MI \quad (\text{Ec.27})$$

Donde:

RF: Ruido de Fondo

PN: Potencia de Ruido Térmico

NF: Factor de Ruido

MI: Margen de Interferencia

Reemplazando valores obtenidos de las variables antes mencionadas se tiene:

$$RF = -81,86 \text{ dBm} + 4 \text{ dB} + 3,01 \text{ dB}$$

$$RF = -74,85 \text{ dBm}$$

3.7.8.1. Resultados Link Budget

Los resultados obtenidos en la Tabla 19, son básicamente los requerimientos solicitados por el operador de telefonía móvil celular, para el diseño de la red 3G de tal manera que el proceso de diseño se basará en ésta información.

Tabla 19. Resultados obtenidos Link Budget en la banda 1900 MHz.

LINK BUDGET		
Escenario	DENSAMENTE URBANO	
Tecnología	UMTS	
Tipo de Ambiente	OUTDOOR	
Ancho de banda (MHz)	5	
EQUIPO DE USUARIO		
Potencia de Recepción	-90	dBm
Ganancia de Antena	0	dBi
Pérdidas del cuerpo	3	dB
Sensibilidad de receptor	-110,43	dBm
NODO_B		
Potencia de Transmisión del Canal CPICH	33	dBm
Potencia de Transmisión Máxima del Nodo_B	43	dBm
Factor de ruido	4	dB
Potencia de Ruido térmico	-81,86	dBm
Factor de Carga	50	%
Margen de Interferencia	3,01	dB
Ruido de Fondo	-74,85	dBm
Requerimientos Eb/No	4.50	dB
EIRP	50,2	dBm
Ganancia del Proceso	37,07	dB
Ganancia de Antena	18	dBi
Pérdida por Cable y Conector	0.8	dB
Margen de Desvanecimiento	10.3	dB
Desvanecimiento Multitrayecto	1.45	dB
Ganancia SHO	4	dB

Desviación estándar por sombra o Desviación estándar compuesta	8	dB
Pérdidas de Penetración	15	dB
Margen de Fluctuación de Carga	0,5	dB

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

Posteriormente estos valores serán tomados directamente en el software de predicción que nos interpreta mediante gráficas la planeación de cobertura que se tendrá para la red 3G/UMTS de nuestro diseño.

3.7.9. Predicción de Cobertura RF UMTS de la OPC1

Para la OPC1 se ha determinado los valores de la Tabla 18, valores que son óptimos para el cumplimiento de los objetivos de cobertura en los sectores del Batan Alto y Batán Bajo de la zona norte de Quito.

3.7.10. Ubicación de Candidato

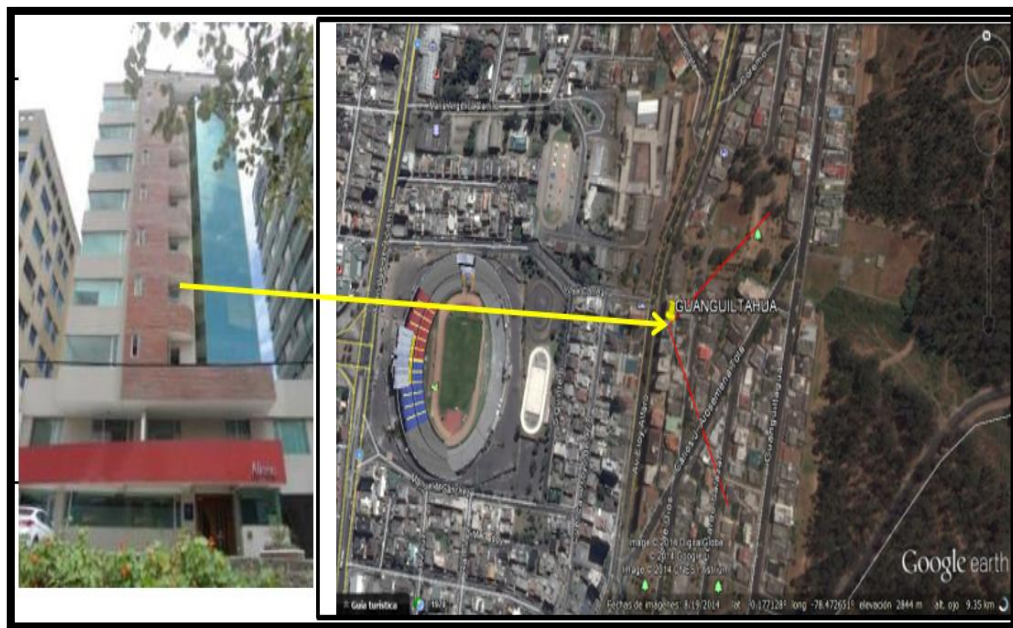
Según los análisis realizados en el Drive Test de RF, los datos obtenidos según la zona de cobertura la elección del punto de instalación es la OPC1, tal como se muestran en la Figura 25 donde se requiere instalar dos mástiles de 3m de altura.

Con las gráficas obtenidas en las predicciones de cobertura del sitio nominal, se tiene que el nuevo Nodo_B puede brindar soporte de tráfico a las celdas aledañas al mismo. En la Tabla 20, indica los parámetros físicos determinados para el sitio nominal, mismo que se ha elegido para evitar sobre-lapamiento e interferencia con los Nodo_B aledaños, visualizado en la Figura 44.

Tabla 20. Configuración Física del Sitio Nominal.

	Sector 1	Sector 2
Sistema	UMTS	UMTS
	1900 MHz	1900 MHz
Tipo de Antena:	A19451811	A19451811
Cantidad de Antenas:	1	1
Azimuth:	80°	160°
Inclinación Eléctrica:	4°	6°
Inclinación Mecánica:	2°	4°
Altura - Centro de Radiación:	30,00 m.	30,00 m.

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

**Figura. 44.** Ubicación del Candidato

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

A continuación se visualizará las predicciones de cobertura del sitio nominal utilizando la herramienta GENEX U-net.

La Figura 45 representa el comportamiento de los niveles de cobertura del Nodo_B, sin la presencia de las zonas de cobertura de los Nodos_B vecinos. La interpretación del gráfico depende de la leyenda obtenida en el análisis de cobertura de RSCP realizado en el drive test de RF, mismos rangos de RSCP y colores que se

Entonces,

$$N_{FCH,v} = N_{ErlB}(N_{subs,v} I_{voz}, Pb) \quad (\text{Ec.28})$$

Fuente: Recuperado de Gallegos y Galindo, 2006

Donde

$N_{FCH,v}$: Número de fundamentales requeridos para tráfico de voz

$N_{subs,v}$: Número de subscriptores de voz

I_{voz} : Intensidad de tráfico de voz

Pb : Probabilidad de Bloqueo

$N_{ErlB}()$: Relación Erlang B que devuelve el número de elementos de canal en función de la intensidad de tráfico y la probabilidad de bloqueo.

Hay que considerar un parámetro muy importante que es la penetración de la Operadora en el mercado celular, la cual se define como el porcentaje de usuarios del total del mercado que elige como proveedora del servicio.

Para la operadora CNT E.P el nivel de penetración del total del mercado celular es de 6.35%, tal como se visualiza en la Figura 49. (ARCOTEL, Estadísticas por Operadora, Marzo 2015)

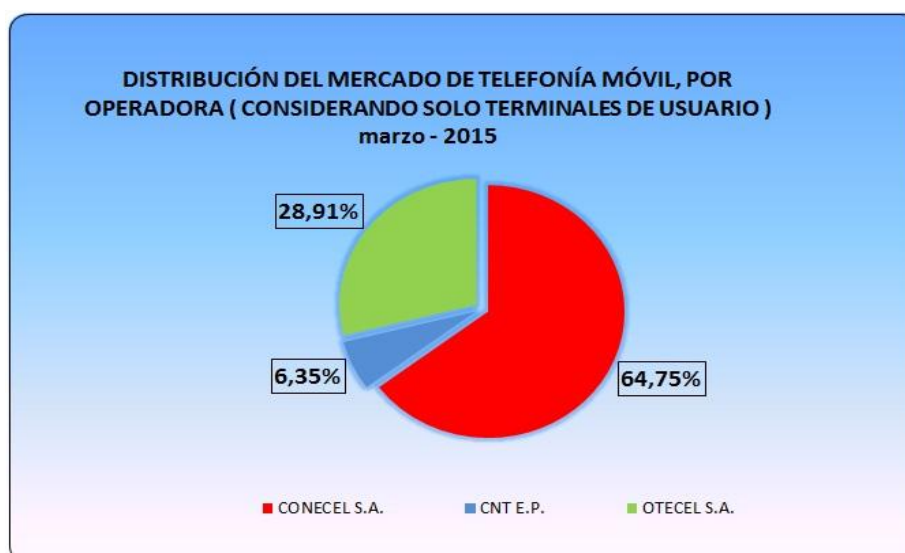


Figura. 49. Nivel de penetración del total del mercado celular de CNT E.P.

Fuente: Recuperado de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones;

http://controlenlinea.arcotel.gob.ec/wps/portal/informacion/informaciontecnica/telefoniamovil/estadisticasmovil!/ut/p/z1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfIjo8zijY08DAw8_A28DUJcHQ0cg50d3QPDTAwNgoz0C7IdFQH9kQkn/

Por estadísticas que se obtuvieron in situ a través de la plataforma IS2000; se determina que el nivel de penetración de usuarios de voz, datos, voz y datos; se distribuye de la siguiente manera:

- a. Porcentaje de usuarios con solo capacidad de voz = 80 %
- b. Porcentaje de usuarios con solo capacidad de datos = 8,5%
- c. Porcentaje de usuarios con capacidad de voz y datos = 11,5%

Por lo tanto, con los datos estadísticos proporcionados por el operador de telefonía móvil celular, se tiene que cada sector del Nodo_B propuesto, cubre aproximadamente 1 Km de cobertura celular; con alrededor de 900 vehículos en la hora pico dentro de los dos sectores del Nodo_B propuesto, y tomando en cuenta que en cada vehículo viajan un promedio de 4 personas, de la cuales 2 tiene celular; estos parámetros son:

Entonces el número total de usuarios, según (Gallegos Rodríguez & Galindo Hidalgo, 2006), se calcula con la Ecuación 29.

$$N_{TU} = N_V * N_{PCel} \quad (\text{Ec.29})$$

Donde:

N_{TU} : Número total de usuarios de telefonía celular

N_V : Número de Vehículos

N_{PCel} : Número de Personas que tienen Celular

$$N_{TU} = 900 * 2$$

$$N_{TU} = 1800 \text{ usuarios de telefonía celular}$$

Considerando la penetración del total del mercado celular de la operadora y el número total de usuarios de telefonía celular se obtiene:

$$\text{Abonados en hora pico} = N_{TU} * \text{Porcentaje}_{PM}$$

$$\text{Abonados en hora pico} = 1800 * 0.0635$$

$$\text{Abonados en hora pico} = 114$$

Aplicando la penetración por tipo de servicio considerando las estadísticas de red de la operadora celular se obtiene:

a.- 114 ----100% X ---- 80% X= 91,2 Usuarios de Voz	b.- 114 ---- 100% X ---- 8,5% X= 9,69 Usuarios de Datos	c.- 114 ---- 100% X ---- 11,5% X= 13,11 Usuarios de Voz y Datos
---	--	--

- a. Usuarios solo Voz = 91
- b. Usuarios solo Datos = 10
- c. Usuarios Voz y Datos = 13

Entonces el número total de usuarios de voz es:

$N_{\text{subs},v}$ = Usuarios con solo capacidad de voz + Usuarios con capacidad de voz y datos

$$N_{\text{subs},v} = 91 + 13$$

$$N_{\text{subs},v} = 104$$

De acuerdo a estadísticas proporcionadas por el operador de telefonía móvil celular, el tráfico promedio por usuario ($I_{\text{subs},v}$) es de $20 \frac{\text{mErl}}{\text{usuario}}$ y el tiempo promedio de llamada de voz (t_v) es de 60 segundos. Por lo tanto el cálculo de la Intensidad de tráfico de voz por celda, viene dada por la Ecuación 30.

$$I_{\text{voz}} = (\text{Usuario de voz total} * \text{Tráfico promedio de voz por usuario}) \quad \textbf{(Ec.30)}$$

Reemplazando los valores para el diseño propuesto, se tiene:

$$I_{\text{voz}} = (104 \text{ usuarios} * 20 \frac{\text{mErl}}{\text{usuario}})$$

$$I_{\text{voz}} = 2080 \text{ mErl}$$

Por lo tanto, para utilizar la Tabla de Erlang B, el resultado de la unidad de medida en mErlangs, calculado en el paso anterior, se debe expresar en Erlangs; por lo cual se realiza la siguiente operación:

$$I_{\text{voz}} = 2080 \text{ mErl} * \frac{1 \text{ Erl}}{1000 \text{ mErl}}$$

$$I_{\text{voz}} = 2.08 \text{ Erl}$$

Con una Intensidad de tráfico de voz de 2,08 Erlangs calculada en el paso anterior, se utiliza la Tabla de Erlang B (adjunto Anexo I), y considerando la $P_b = 2\%$ por mejores prácticas; se obtiene el número de canales de voz por sector. En la Figura 50, se presenta el procedimiento para determinar el número de canales por sector; para lo cual se tiene un $N_{\text{FCH},v} = 6$ (canales fundamentales de voz por sector).

Erlang B Traffic Table												
Maximum Offered Load Versus B and N												
N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	B is in %	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68

Figura. 50. Tabla de Erlang B, para determinar el Número de Canales de Tráfico de Voz

Fuente: Recuperado de www.pitt.edu/~dtipper/2110/erlang-table

3.8.2. Dimensionamiento de Canales Fundamentales para Tráfico de Datos

Para el dimensionamiento de tráfico de datos se estima depender del requerimiento de velocidad. A cada usuario siempre se le asigna un canal fundamental para poder cursar una llamada de datos. Es por ello que para calcular el número de canales fundamentales de datos se realiza una analogía con el cálculo realizado de los canales

fundamentales de voz; es decir se puede aplicar el modelo de tráfico Erlang B, tal como se muestra en la Ecuación 31.

$$N_{FCH,D} = N_{ErlB}(N_{subs,D} I_{datos}, Pb) \quad (\text{Ec.31})$$

Fuente: Recuperado de Gallegos y Galindo, 2006

Donde:

$N_{FCH,D}$: Número de fundamentales requeridos para tráfico de datos

$N_{subs,v}$: Número de subscriptores de datos

I_{voz} : Intensidad de tráfico de datos

Pb : Probabilidad de Bloqueo

$N_{ErlB}(.)$: Relación Erlang B

Entonces considerando los valores obtenidos en el apartado 3.8.1 el número total de usuarios de datos se obtiene de acuerdo a la Ecuación 32:

$$N_{subs,v} = \text{Usuarios de datos} + \text{Usuarios de voz y datos} \quad (\text{Ec.32})$$

Reemplazando valores, se tiene:

$$N_{subs,v} = 10 + 13$$

$$N_{subs,v} = 23$$

De acuerdo a estadísticas proporcionadas por el operador de telefonía móvil celular; se obtuvieron los siguientes parámetros:

1. $IS_{D, hp, U} = 2$ sesiones de datos/usuario
2. Tiempo promedio de uso de llamada de datos ($T_p, llamada, D$) = 48 segundos
3. Llamadas por sesión = 15

Por lo tanto para determinar los intentos de sesiones de datos en hora pico, se realiza el cálculo por medio de la Ecuación 33.

:

$$IS_{D, hp} = IS_{D, hp, U} * U_{DT} \quad (\text{Ec.33})$$

Fuente: Recuperado de Gallegos y Galindo, 2006

Donde:

$IS_{D, hp}$: Intentos de sesiones de Datos en hora pico

$IS_{D, hp, U}$: Intentos de sesiones de Datos en hora pico por usuario

U_{DT} : Usuarios de datos totales

Por lo tanto reemplazando valores, se tiene:

$$IS_{D, hp} = 2 * 23$$

$$IS_{D, hp} = 46 \text{ sesiones de datos}$$

El número total de llamadas de datos (N_{TD}) por las dos celdas que constituyen el Nodo_B, viene dado por la Ecuación 34.

$$N_{TD} = \text{Llamadas por sesión} * IS_{D, hp} \quad (\text{Ec.34})$$

Por lo tanto reemplazando valores, se tiene:

$$N_{TD} = 15 * 46$$

$$N_{TD} = 690$$

A continuación se debe determinar la intensidad de tráfico de datos, misma que se obtiene por la Ecuación 35.

$$I_{\text{datos}} = \frac{N_{TD} * T_{p, llamada, D}}{3600} \quad (\text{Ec.35})$$

Por lo tanto, reemplazamos los cálculos obtenidos en los anteriores pasos, para el cálculo de la intensidad de tráfico de datos que cursan por los canales fundamentales de tráfico de datos del Nodo_B, teniendo lo siguiente:

$$I_{\text{datos}} = \frac{690 * 48 \text{ seg}}{3600 \text{ seg}}$$

$$I_{\text{datos}} = 9,2 \text{ Erl}$$

Con una Intensidad de tráfico de datos de 9,2 Erlangs calculada en el paso anterior, se utiliza la Tabla de Erlang B (adjunto Anexo I), y considerando la $P_b = 2\%$ por mejores prácticas, se obtiene el número de canales de tráfico de datos por sector. En la Figura 51 se presenta el procedimiento para determinar el número de canales por sector; para lo cual se tiene un $N_{\text{FCH,D}} = 16$ (canales fundamentales de datos por sector).

Maximum Offered Load Versus B and N												
N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	B is in %	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.516	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.591	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51	29.50
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15

Figura. 51. Tabla de Erlang B, para determinar el Número de Canales de Tráfico de Datos

Fuente: Recuperado de www.pitt.edu/~dtipper/2110/erlang-table

De acuerdo a las velocidades de transmisión típicas soportadas en la tecnología UMTS (144 kbps); en el Nodo_B propuesto se tienen 16 canales de datos, por lo tanto la velocidad de transmisión total del Nodo_B propuesto es de 2,3 Mbps ($V_{\text{Tx,D}} = 144 \text{ kbps} * 16$ canales de datos).

3.9. DIAGRAMA DE TRANSMISIÓN (TX)

Para que exista una transmisión efectiva desde el Nodo_B hasta el UE y poder brindar servicios, se debe seguir un proceso en el que intervienen equipos de gestión hasta equipos que conforman la red de Acceso.

Se debe conectar un patch core de fibra óptica (hilo 1 y 2) desde las BBU3900 que se encuentra en el MiniShelter del Nodo_B hasta el ODF ubicado en el mismo rack; para esto ya debe existir una comunicación con el otro enlace, que es la Central donde se encuentra ubicada la MPLS, en este caso la Central Monteserrin, esto se lo denomina como cruzada y es realizado por la CNT. EP. Desde la MPLS que llega hasta la Central Móvil Iñaquito la cual a través de la RNC tiene el control sobre el Nodo_B. A continuación en la Figura 52, se detalla el proceso del diagrama de transmisión.

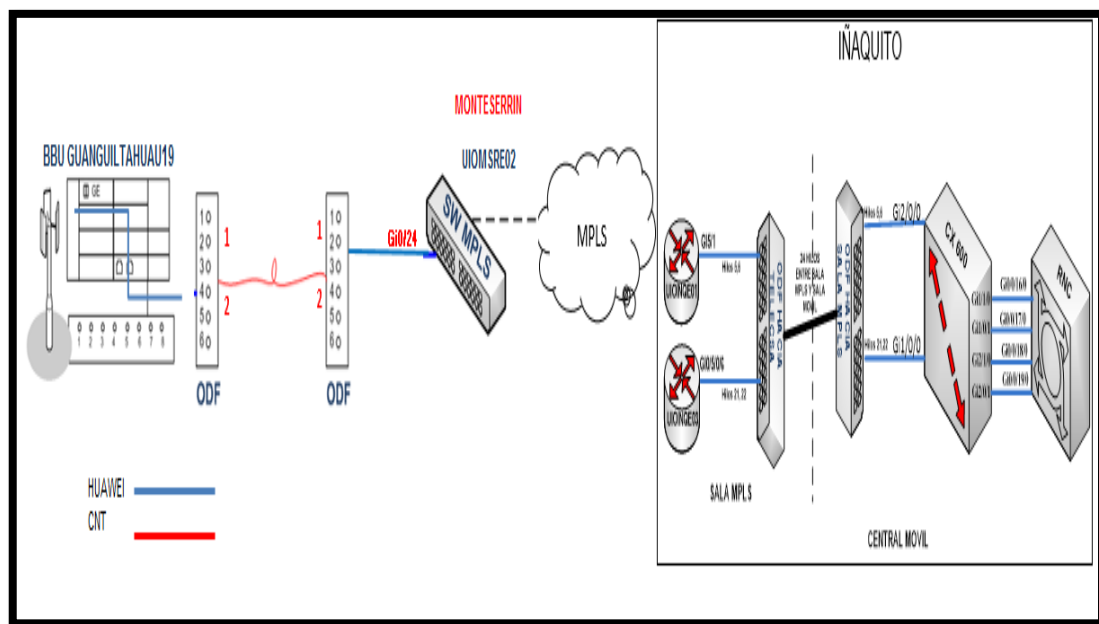


Figura. 52. Diagrama de TX del Nodo_B Guanguiltahua.
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

3.10. IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO NODO_B

Para la implementación del Nodo_B, intervienen las partes de negociación¹¹, permisos ambientales, participación ciudadana, sistema eléctrico, SUPERTEL (Radiación No Ionizante) y obra civil, las cuales son complemento en el diseño e implementación del Nodo_B, áreas que no forman parte en los objetivos de este proyecto.

Al cumplir con los permisos de aprobación, mencionados anteriormente se procede al estudio del espacio arrendado y análisis de instalación de equipos, los cuales dependerán de los requerimientos del diseño del nuevo Nodo_B.

Para un mejor entendimiento de los requerimientos necesarios para la implementación del nuevo Nodo_B, se ha realizado un esquema o flujograma visualizado en la Figura 53; su contenido inicia con un plan de red UMTS que se encuentra de acuerdo a los requerimientos del operador, el cual se identifica con celdas 3G para los dispositivos móviles o UE; considerando que se realiza un análisis de cobertura a través del drive test de RF, el cual determina los huecos de cobertura en zonas con bajos niveles de señales celulares. Permitiendo establecer la búsqueda de un sitio u opción donde sea posible la implementación del nuevo Nodo_B que cumpla con los objetivos de RF y el neto acuerdo entre todas las áreas de interés para el proyecto. Si el análisis realizado en sitio es el más adecuado a nivel de ingeniería se procede en la elaboración de un Technical Site Survey (TSS), mediante el cual muestra los datos obtenidos en la inspección de campo, permitiendo verificar las dimensiones de los elementos estructurales así como el estado en el que se encuentra la edificación, la cual posee buenas condiciones de servicio.

Los estudios realizados por obra civil, se obtiene que la estructura si tiene capacidad suficiente para soportar las cargas gravitacionales y sobrecargas provenientes de la instalación de los equipos de telecomunicaciones como: Mini Shelter, Antenas de RF y las RRU correspondientes, que se hallan soportadas en dos mástiles de 3m, los cuales se encuentran fijos y ubicados en las columnas de la terraza o tapa grada de la estructura del edificio, y principalmente cumpliendo con los objetivos de cobertura y línea

¹¹ El proceso de negociación intervienen el propietario del inmueble y el negociador que es quien va a rentar. Y por último intervienen la parte legal que es la persona que verifica que el predio este libre y no tenga problemas legales. Para luego firmar el contrato por un plazo no mínimo de 5 años y empezar la obra.

de vista, tomando en cuenta la utilización de tres tipos de altura en mástiles que varían entre 3, 6 y 9 metros, el requerimiento de la altura a utilizar depende única y principalmente de la línea de vista que exista en la zona de cobertura que se desea alcanzar; análisis que se verifica en la sesión fotográfica realizada en la terraza cada 30°, por lo tanto al contar con línea de vista se utiliza únicamente mástiles de 3m. En consideración que la estructura tiene la capacidad suficiente para resistir una carga sísmica equivalente al 10% de su propio peso, y adicionalmente vientos de 120 Km/h aplicados sobre la estructura, incluyendo el posicionamientos de equipos de acuerdo a la resistencia del piso de la terraza, este análisis son aplicados sobre la estructura en base a lo descrito en la Norma ANSI/TIA 222F, que constituye como la mayor carga horizontal que pudiera ser aplicada sobre ella. En el caso de instalar nuevos equipos se debe realizar un nuevo análisis estructural.

Al instalar todos los equipos de telecomunicaciones, se realiza el comisionamiento e integración del nuevo Nodo_B, que permite la comunicación con la RNC, la MPLS de la operadora 3G, la transmisión y recepción de señales celulares correspondientes a las celdas 3G/UMTS; al culminar el proceso de comisionamiento se efectúa la entrega del sitio a través de un Protocol Test Acceptance (ATP), documento en el cual se analizan todos los equipos de telecomunicaciones instalados y operativos, con sus respectivas pruebas de funcionamiento; si este proceso de entrega no se encuentra de acuerdo con los requerimientos del operador, el sitio no se acepta dando como resultado una prórroga de entrega de 15 días; volviendo a realizar el comisionamiento del Nodo_B y verificando si cada uno de los equipos instalados se encuentran con errores. Al verificar todos los inconvenientes presentados en la primera visita, se realiza una nueva visita en la cual el operador confirma si el Nodo_B cumple con los requerimientos necesarios para la entrega, si es exitosa se determina como requerimientos del nuevo Nodo_B alcanzados.

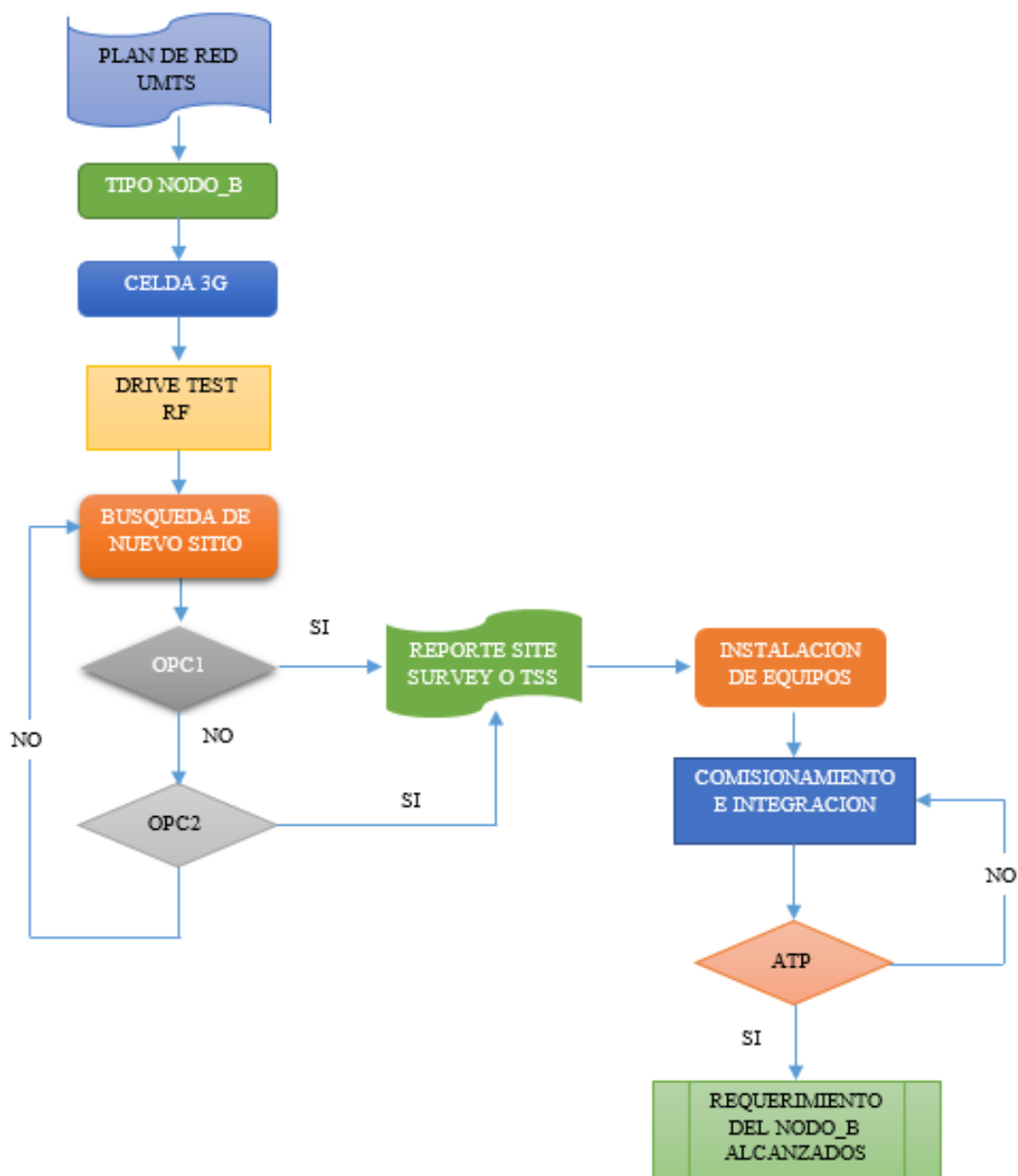


Figura 53. Flujograma de los requerimientos necesarios para la implementación de un Nodo_B

Fuente: Elaborado por Autor

3.10.1. Equipos utilizados en la Instalación del Nodo_B

3.10.1.1. Introducción DBS 3900

De acuerdo a las necesidades de los clientes, Huawei brinda estaciones base bajo dos soluciones: Single RAN y Single BTS. Single BTS se refiere a la infraestructura física de las estaciones base denominada DBS 3900 la cual está formada fundamentalmente por los módulos BBU y RRU; por otra parte Single RAN provee la capacidad de integrar

varias tecnologías en una sola infraestructura; de tal manera que constituye una solución escalable y compacta a la vez. (Huawei Technologies CO., 2012-09-30., pág. 46), afirma,

La estación base DBS3900 cuenta con un diseño modular de última generación, la cual se caracteriza por su pequeño tamaño, alta integración, bajo consumo de energía y despliegue fácil y rápido; además que son aplicables a diferentes escenarios de instalación, dependiendo los requerimientos de red. Esto implica una significativa reducción de los costos de construcción y los gastos de operación relacionados con la adquisición del sitio.

En la Figura 54. Se visualiza los posibles escenarios en donde se pueden aplicar las estaciones DBS3900.

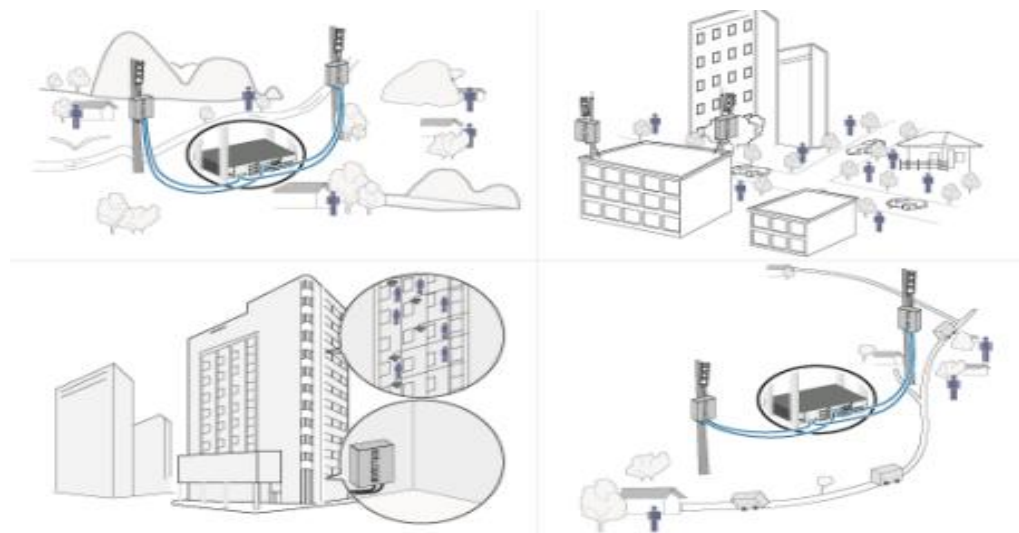


Figura 54. Escenarios típicos de aplicación de la DBS3900.

Fuente: Recuperado de DBS3900 Product Description, Huawei Technologies CO., LTD. 2012-09-30.

La estación base DBS3900 está formada por un Mini Shelter y por dos módulos básicos: la unidad de banda base BBU 3900 y la unidad de radio remota RRU 3908, el escenario que se emplea para el presente diseño se muestra en la Figura 55.

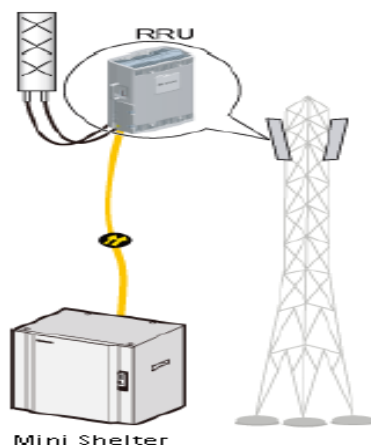


Figura 55. Escenario estación base DBS3900.

Fuente: Recuperado de DBS3900 Product Description, Huawei Technologies CO., LTD. 2012-09-30.

En este escenario, la BBU y equipos de transmisión están instalados dentro del armario de la transmisión más conocido como Mini Shelter, que proporciona protección a la BBU frente agentes externos que se encuentran al aire libre, tal como lluvia, sol, aves, entre otros. La RRU se puede instalar de forma flexible lo más cercano a las antenas ubicadas en la torre, pero en nuestro caso las antenas se encuentran instaladas en los mástiles de 3m que se encuentran fijos en las columnas de la estructura de la terraza del edificio.

3.10.1.2. Estructura del sistema Single BTS

La solución multi-banda Single BTS está compuesta por los siguientes equipos, (Huawei Technologies CO., 2012-09-30., pág. 46), afirma:

✓ **BBU3900**

La BBU3900 es una unidad de control de banda base que transfiere señales entre la estación base y la red de núcleo, para mayor conocimiento de sus características verificar en Anexo C:

- Proporciona puertos para la conexión a la Entidad de Gestión de Movilidad (MME), Servicio de puerta de enlace (S-GW) y los procesos relacionados con los protocolos de transmisión.

- Proporciona puertos CPRI para la comunicación con las RRU y procesa las señales de banda base en enlace Up Link y Down Link.
- Gestiona toda la estación base por medio de operación y mantenimiento (OM) y el procesamiento de mensajes de señalización.
- Proporciona la señal de reloj al sistema.
- Proporciona un canal de OM para la conexión a la terminal de mantenimiento local LMT o M2000.

✓ **Especificaciones técnicas BBU3900**



Figura 56. Apariencia física BBU3900.

Fuente: Recuperado de LTE Hardware Introduction, Huawei Technologies CO., LTD.

Las especificaciones técnicas de la BBU3900 se detallan en la Tabla 21.

Tabla 21. Especificaciones BBU3900.

Ítem	Especificación
Dimensiones	Espesor: 86 mm, Ancho: 310 mm, Largo: 442mm.
Peso	12Kg
Fuente de alimentación	-48 V DC. Rango de voltajes : -36V DC a -57 V DC
Temperatura de operación	-20°C to +55°C

Fuente: Recuperado de LTE Hardware Introduction, Huawei Technologies CO., LTD.

✓ **Tarjetas y puertos de la BBU3900**

Según en el modo que se configure la BBU, se tiene diferentes módulos y tarjetas en su interior, tal como se muestra en la Figura 57.

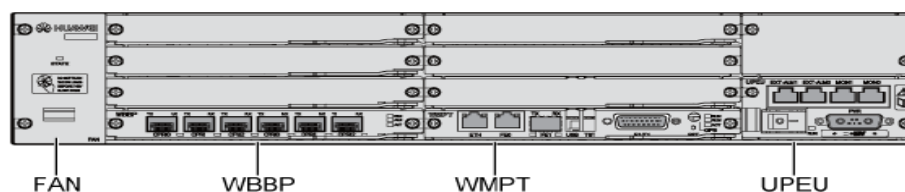


Figura 57. Configuración típica de la BBU3900 en modo UMTS.

Fuente: Recuperado de LTE Hardware Introduction, Huawei Technologies CO., LTD.

Como se puede visualizar en la Figura 57, tiene tarjetas como: WBBP y WMPT. Se describen los módulos y tarjetas de la BBU en modo UMTS.

✓ **Módulo WMPT (Procesamiento Principal WCDMA y Unidad de Transmisión)**

El módulo WMPT gestiona toda la red de acceso UTRAN en términos de operación y mantenimiento (OM); además realiza funciones de control principal, transmisión de la señal de reloj e intercambio de mensajes de señalización. Es el principal módulo de comunicación desde la BBU hacia la red de núcleo.

✓ **Módulo WBBP (Unidad de Procesamiento de Banda Base WCDMA)**

El módulo WBBP procesa las señales de banda base, implementa las funciones de las capas PHY y MAC, y es compatible con la interfaz de radio pública común (CPRI). Es el módulo de comunicación principal hacia las RRU.

✓ **Módulo UPEU (Unidad de Interfaz Universal de Energía y Medio Ambiente)**

La UPEU se encarga de convertir -48V DC a 12V DC en la salida, en la Tabla 22 se describen cada uno de sus puertos. Es el módulo de alimentación y de monitoreo de alarmas.

Tabla 22. Puerto módulo UPEU.

Módulo	Puerto	Conector	Cantidad	Función
UPEU	Puerto de Alimentación	3V3	1	Provee una entrada de -48V DC
	MON 0	RJ45	1	Transmiten las señales de supervisión y conectan a los dispositivos de control externos
	MON 1	RJ45	1	
	E x T-ALM 0	RJ45	1	La transmisión de señales de contacto y las conecta a dispositivos de alarma externos.
	E x T-ALM 1	RJ45	1	

Fuente: Recuperado de LTE Hardware Introduction, Huawei Technologies CO., LTD

✓ **Módulo FAN**

La unidad de ventilación (FAN) controla el giro de los ventiladores, comprueba la temperatura del módulo de ventilador, y lleva a cabo la disipación de calor de la BBU. Realiza el control de la velocidad del ventilador y presenta informes del estado del ventilador al módulo LMPT.

✓ **RRU 3908**

La unidad de radio remota RRU 3908 proporciona funciones de modulación y demodulación de señales de banda base y de RF. La RRU 3908 se conecta a la BBU 3900 a través de fibra óptica y es instalada cerca de las antenas para reducir la longitud y pérdida de alimentación con el fin de mejorar la cobertura del sistema. (Huawei Technologies CO., 2012-09-30., pág. 48), afirma.

○ Estructura Lógica RRU 3908

A continuación se detalla la estructura lógica de la RRU 3908, visualizada en la Figura 58, para mayor conocimiento de sus características verificar en Anexo D:

- **La interfaz CPRI:** Recibe datos de banda base en enlace Down Link desde la BBU y transmite datos de banda base en enlace Up Link hacia la BBU para las comunicaciones entre la RRU y la BBU.
- **TRX:** Proporciona dos canales de RX para las señales de RF en enlace Up Link, dos canales de TX para las señales de RF en enlace Down Link, y un canal de retroalimentación.
- **Los canales RX:** convierten las señales recibidas en enlace Down Link y las amplifica a través de una conversión (A/D), mientras que los canales Transmisión realizan un filtrado de señales en enlace Down Link en conjunto con una conversión (D/A).
- **PA:** El amplificador de potencia amplifica las señales de radio frecuencia de baja potencia recibida desde el TRX.
- **LNA:** El amplificador de bajo ruido (LNA) amplifica las señales recibidas desde la antena.
- **Duplexer:** Se encarga de multiplexar las señales de RX y TX, lo cual permite que ambas señales puedan compartir en mismo canal de la antena.

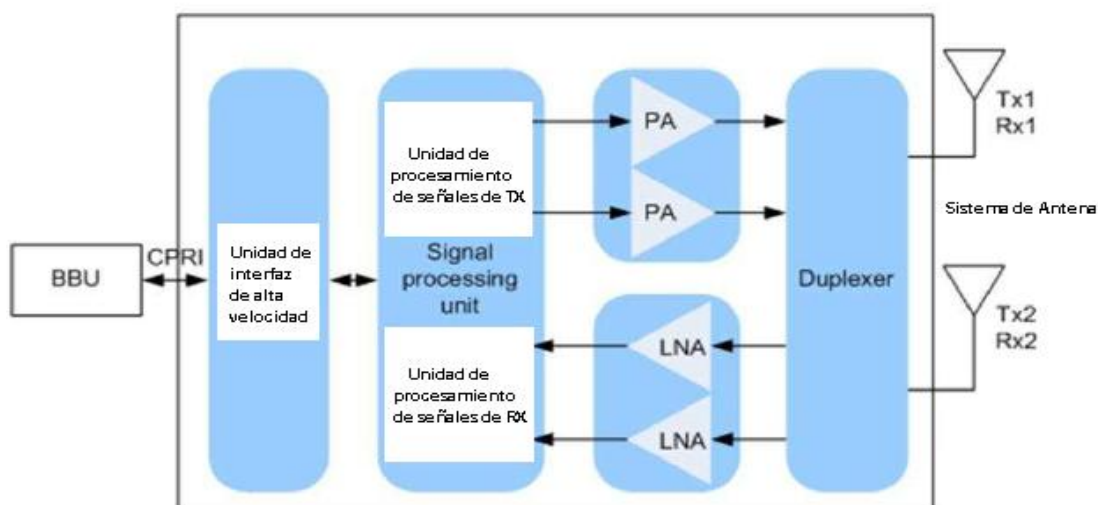


Figura 58. Estructura lógica RRU3908.

Fuente: LTE Hardware Introduction, Huawei Technologies CO., LTD.

✓ Conexiones RRU 3908

Las conexiones necesarias para cada RRU de acuerdo a (Huawei Technologies CO., LTE Hardware Introduction, pág. 50), afirma:

- **Cable de alimentación:** Es de -48V DC, con sección de 4mm^2 en color negro o azul y recubierto por chaqueta negra.
- **Cable GND:** Es de color verde/amarillo con sección de 16mm^2 .
- **Fibra óptica:** Multimodo para conectar a los puertos CPRI de la BBU.
- **Cable RF:** Es el cable que conecta la RRU con la antena, éste puede tener diferente configuración; se utiliza sólo jumper sólo hasta distancias de 10m, y la combinación jumper/feeder/jumper para distancias mayores a 10m. Los cables jumper son de 1/2" y los feeders de 7/8".

En la Figura 59 se muestran las principales conexiones que tiene la RRU 3908 con la BBU y la antena.

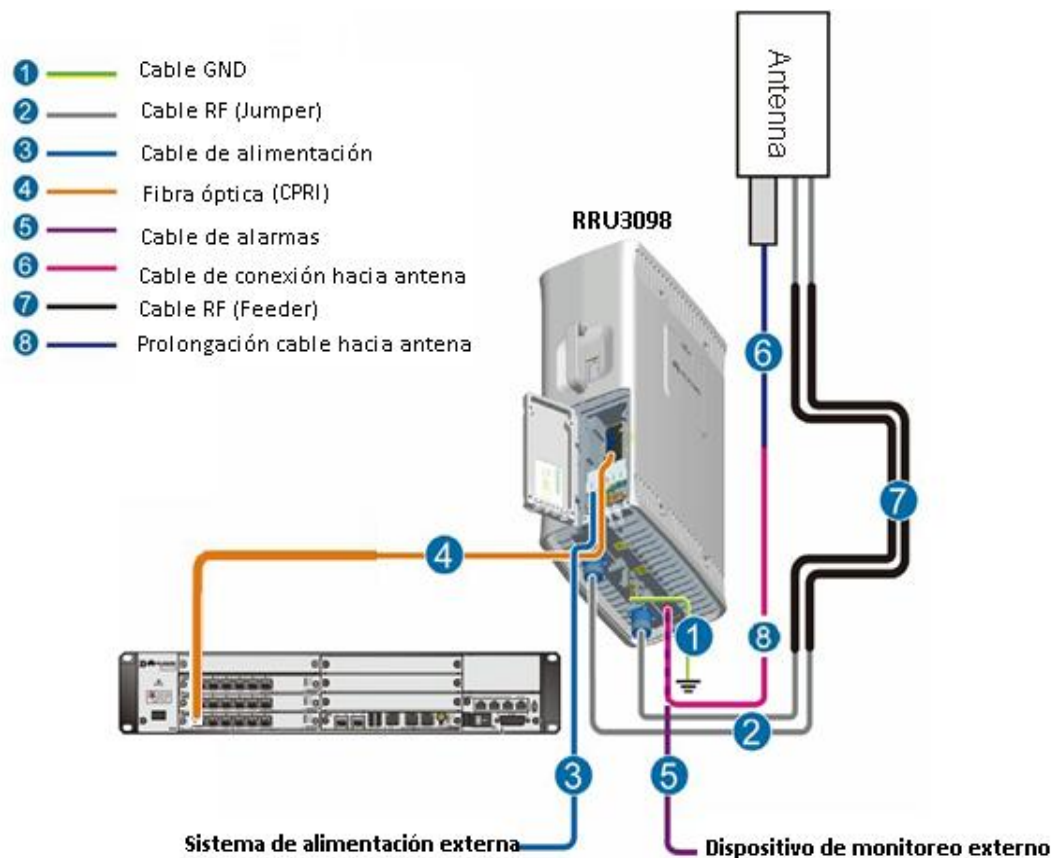


Figura 59. Conexión física de equipos BBU con RRU y Antena
Fuente: Recuperado de LTE Hardware Introduction, Huawei Technologies CO., LTD

✓ **Antena Huawei Agisson A19451811**

Dentro de las especificaciones de la antena Agisson A19451811, visualizada en la Figura 60, nos permite mantener el concepto de ofrecer las mejores soluciones, Huawei Agisson en el diseño del proyecto ayuda a mejorar el éxito de la operación del Nodo_B, respondiendo rápidamente a las demandas de los clientes al proporcionar estaciones base y soluciones, permitiendo ser una antena rentable y sostenible a través de tecnologías innovadoras, para mayor conocimiento de sus características verificar en Anexo B:



Figura 60. Antena AGISSON A19451811.

Fuente: Recuperado de Base Station Antenna Catalogue, Huawei Technologies CO., LTD.

Las características más sobresalientes de la antena AGISSON A19451811 son:

Excelente rendimiento: El rendimiento eléctrico de las antenas de Huawei Agisson es mayor que el nivel promedio de las otras antenas existentes en la industria. La supresión de lóbulos laterales superior y sus propiedades tanto eléctricas como mecánicas han alcanzado los estándares líderes internacionales.

En las Tablas 23 y 24 se muestra las propiedades mecánicas y eléctricas de la antena AGISSON A19451811.

Tabla 23. Propiedades eléctricas antena Agissson A19451811.

Propiedades Eléctricas										
Rango de Frecuencia (MHz)		1770 – 1880			1850 - 1990			1920 - 2170		
Polarización		±45°								
VSWR		≤ 1.4								
Ganancia (dBi)	(°)	2	6	1 0	2	6	1 0	2	6	1 0
	(d B)	1 7 .	1 7 .	1 7 .	1 7 .	1 8 .	1 7 .	1 8 .	1 7 .	1 7 .
		8	7	5	9	0	5	0	7	5
3dB ancho de haz (horizontal)		66°			64°			62°		
3dB ancho de haz (vertical)		7.5°			6.8°			6.4°		
Aislamiento entre puertos (dB)		≥ 30								
Downtilt eléctrico		2° - 10°								
Max. Potencia de entrada (W)		300								
Impedancia (Ω)		50								
Toma puesta a tierra		Tierra DC								

Fuente: Recuperado de Base Station Antenna Catalogue, Huawei Technologies CO., LTD

Tabla 24. Propiedades mecánicas antena Agissson A19451811.

Dimensiones (largo, ancho, espesor) (mm)	1306 x 155 x 79
Peso neto (Kg)	6.5
Downtilt mecánico	0° - 16°
Material principal	Fibra de vidrio
Temperatura de operación (°C)	-20 to +55

Max. velocidad de viento	200
Conector	2x7 / 16 Conector DIN hembra

Fuente: Recuperado de Base Station Antenna Catalogue, Huawei Technologies CO., LTD

✓ Interconexión de equipos DBS3900

Las estaciones base DBS3900 son de tipo outdoor, se componen principalmente de dos sistemas: sistema radiante y de procesamiento principal. Por lo general el sistema radiante es correspondiente a las antenas, las cuales suelen ser instaladas en torres o dependiendo del caso puede ser en un mástil o monopolo. Para cada RRU se instala una antena respectivamente, puede haber hasta 4 RRU por estación base, ya que es asignada una por cada sector con el fin de proveer total cobertura. Por otra parte el sistema de procesamiento encabezado por la BBU se encuentra ubicado en el interior de un armario denominado Mini Shelter, a partir del cual se realizan las conexiones con la RRU y antenas. (Huawei Technologies CO., Base Station Antenna Catalogue, pág. 55)

En la Figura 61 se observa la interconexión de los recursos que conforman la DBS3900.

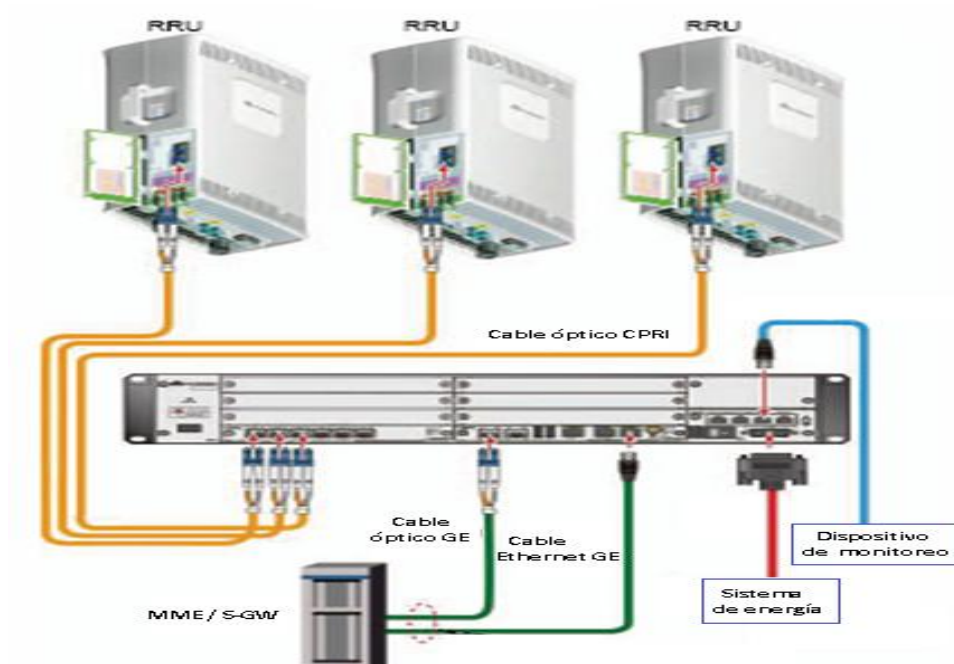


Figura 61. Interconexión DBS3900.

Fuente: Recuperado de Base Station Antenna Catalogue, Huawei Technologies CO., LTD

3.10.1.3. Descripción de los Componentes de Instalación del Nodo_B

Para la distribución de equipos visualizados en el Nodo_B Guaguiltahua se realiza fotomontajes del sitio a instalar como se visualizan en las Figuras. 62, 63 y 64.

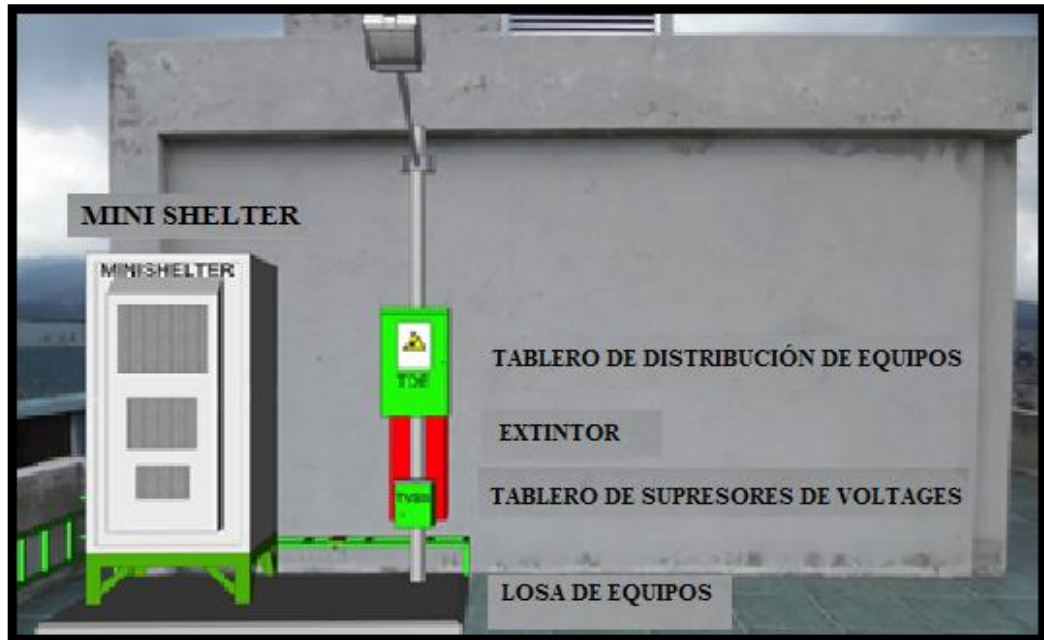


Figura 62. Equipos Proyectados (Losa de equipos).
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

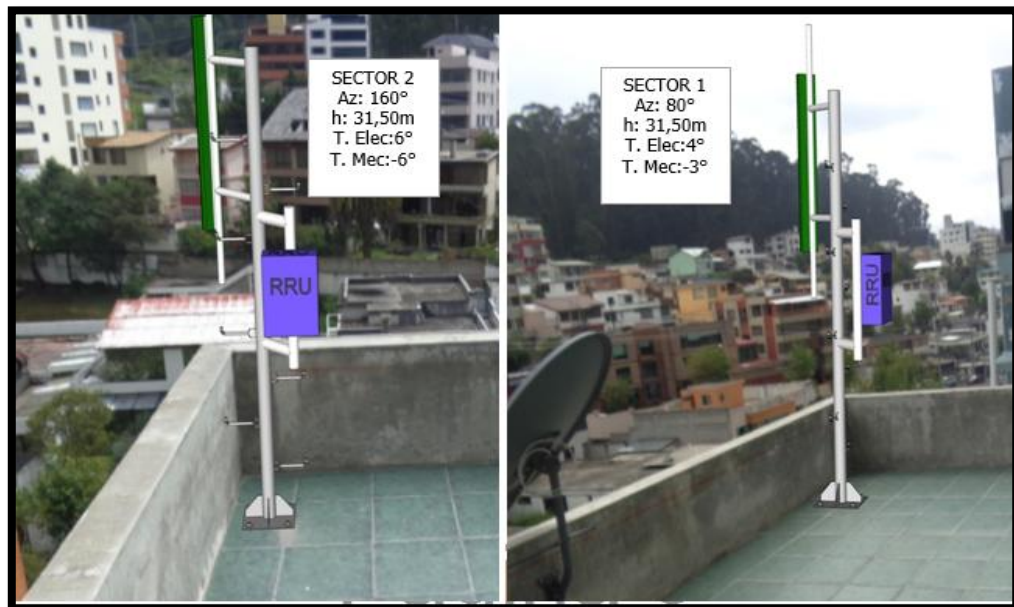


Figura 63. Ubicación de Antenas Sectoriales.
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

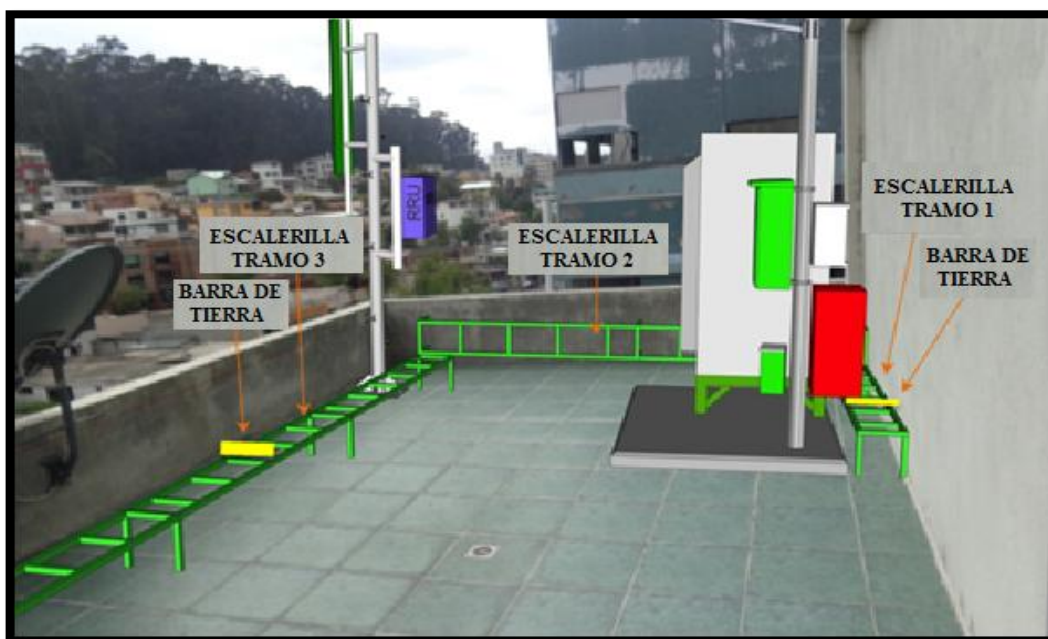


Figura 64. Recorrido de Escalerillas Horizontales y Verticales.
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

En la Figura 65, se visualiza la distribución de cada equipo que se encuentran instalados en el Mini Shelter.

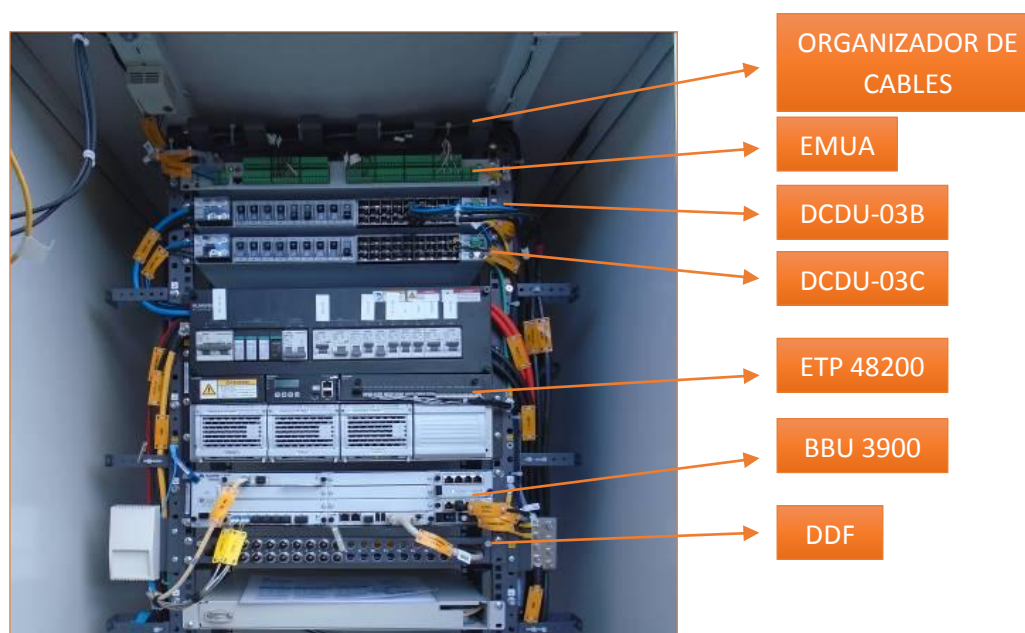


Figura 65. Distribución de Unidades en la Parte Superior del Mini Shelter
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

Para mayor entendimiento de las características de cada uno de los equipos que conforman e integran el Mini Shelter verificar los datasheet descritos en la sección de Anexos.

✓ **Mini Shelter**

Mini shelter o gabinete DBS3900, es el sistema que conjuntamente con el resto de componentes realiza el proceso de comunicación, su función principal es dar soporte y protección a los equipos que se encuentran dentro del mismo, tal como se muestra en la Figura 66.

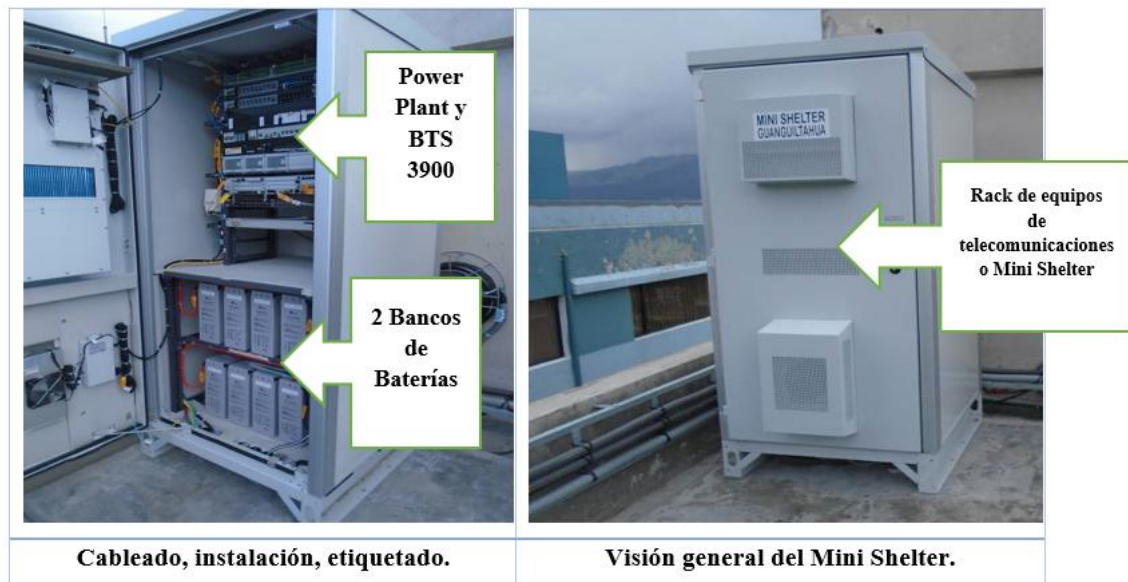


Figura 66. Vista general del Mini Shelter.
Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei.

✓ **Unidad de Control de Banda Base (BBU3900)**

Equipo que posee dos tipos de tarjetas que conjuntamente se encargan del procesamiento entre el Nodo_B y la RCN, este proceso está detallado de mejor manera en Anexo C.

✓ **Unidad de Control de Radio Remoto (RRU3908)**

Realiza las funciones para modular y demodular señales de banda base y las señales de RF, además amplifica la potencia y detecta ondas estacionarias, de igual manera este proceso se detalla en Anexo D.

✓ **Antena Agisson A19451811**

Todas las especificaciones se las detallan a plenitud en Anexo B. Antena Agisson A19451811.

✓ **DCDUB Y DCDUC**

Tiene la función de recibir de una entrada externa -48VDC, proporcionar a diez salidas con -48VDC. La DCDUB posee las conexiones con la BBU3900 y la RRU3908; en cambio la DCDUC posee la conexión única con la lámpara, las especificaciones se las detallan a plenitud en Anexo F.

✓ **Banco de Baterías**

Es de suma importancia que el Nodo_B tenga un respaldo de energía eléctrica ante posibles cortes de energía, que son solucionados por los bancos de baterías instalados en la parte inferior del Mini Shelter, la cantidad de bancos de baterías a instalar depende netamente del operador, el tiempo que desee que la estación esté en funcionamiento durante el corte de energía; el tiempo estimado de cada banco es de 4 horas aproximadamente, en nuestro caso se instalaron dos bancos de baterías, por lo tanto se estima un tiempo de 8 horas de operación del Nodo_B, tiempo necesario para solucionar los problemas que se presenten al momento del corte y puedan ser solucionados remotamente o con la presencia de personal técnico en sitio. La capacidad de cada banco es de 100AH con voltajes de -48VDC.

✓ **Tableros Distribuidores de Energía y Breakers**

Para la distribución de energía, (Huawei Technologies Co., 08 Enero, 2014, pág. 50), afirma:

En el caso de la acometida de baja tensión que va desde el medidor hasta el tablero de distribución de energía (TDE) se usará conductor calibre # 4 TTU/THHN¹² AWG para las fases, conductor # 6 TTU/THHN para el neutro y conductor # 6 TW AWG para la tierra.

¹² **TTU/THHN:** conductores son utilizados para circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones industriales y comerciales, son especialmente aptos para instalaciones a la intemperie o directamente enterrados.

Se instalará un tablero de distribución de energía (TDE) a 1.10m de altura de la base de un mástil de 3", con la protección de un breaker principal de 60 A a 25KA. El TDE se pondrá a tierra usando un conductor calibre # 6 AWG TW.

Se instalará un tablero de transferencia manual (TTM) próximo al medidor de energía, con un Switch (conmutador) de transferencia manual de 80 A – 600 VAC. Se usará conductor # 4 AWG TTU/THHN para las fases, # 6 AWG TTU para el neutro y # 6 AWG TW para el cable de puesta a tierra.

El supresor de sobretensión transitoria (TVSS) se instalará en el mástil del TDE a 0.60 m de altura en un tablero hermético con pintura electrostática, protegido con un breaker de 32 A de 2 polos a 25 KA trabajando en un rango de 80 KA a 240 KA conectándose al TDE con cable # 8 AWG TTU/THHN para las fases y neutro # 6 TW AWG para las tierras.

Se instalará una barra de tierra de 15"x 4"x 1/4" en escalerilla horizontal detrás del Mini Shelter y otra barra de tierra de 15"x 4"x 1/4" en escalerilla horizontal entre los dos mástiles, estas puestas a tierra se las instala para evitar caídas de voltaje altas y protección de los equipos tanto de transmisión como de RF.

3.11. INTEGRACIÓN Y COMISIONAMIENTO DEL NODO_B

Este proceso se lo realiza antes de que el Nodo_B salga al aire; el comisionamiento inicia con el UPGREATE de la versión de la BBU3900, en este caso la versión 14, que es la última versión para este equipo. Se espera alrededor de 15 minutos hasta que la BBU3900 se reinicie ya con la versión cargada. Con el siguiente comando **LST SOFTWARE**; se puede visualizar la versión cargada en la Unidad de Banda Base o BBU, tal como se muestra en la Figura 67.

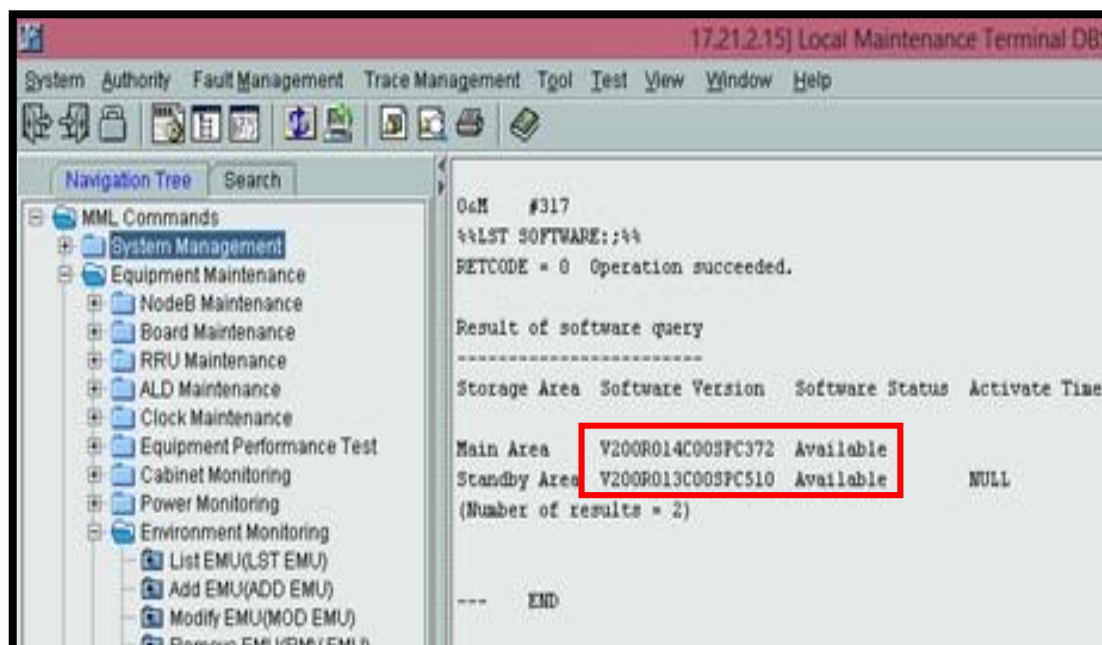


Figura 67. Visualización de versiones de software de la BBU.

Fuente: Recuperado de Local Maintenance Terminal (LMT)

Al cargar la versión y verificar su correcta configuración en el equipo se procede a cargar el scrip de configuración de Transmisión, en la que van a constar las direcciones IP tanto de gestión como de servicio; Vlans a las que pertenece, Cell-ID.

Una vez cargado el scrip de transmisión esperamos 5 minutos para que se reinicie la BBU3900, a partir de este proceso se puede visualizar datos técnicos de la configuración de transmisión del Nodo_B.

Como siguiente paso para verificar el estado de puertos de transmisión configurados en Modo IP, se utiliza el comando **DSP ETHPORT; CN=0, SNR=0, SN=0**, este procedimiento es para verificar si se encuentran levantados los puertos (UP), tal como se visualiza en la Figura 68.

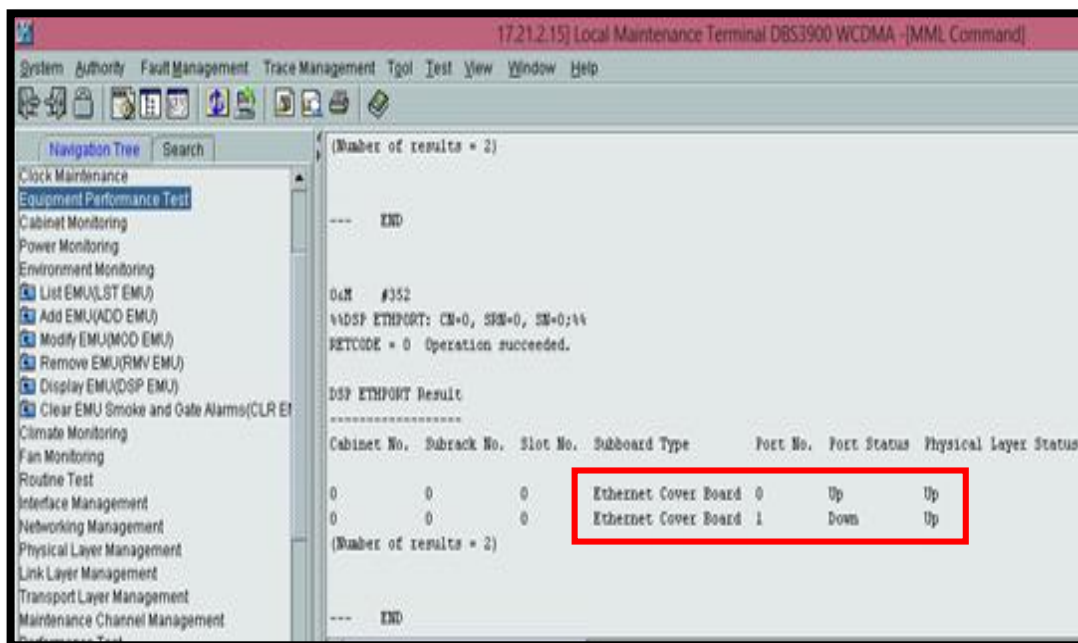


Figura 68. Estado de Puertos de Transmisión.
Fuente: Recuperado de Local Maintenance Terminal (LMT)

Para verificar el estado VSWR del sistema radiante por sector, antes de que el Nodo_B salga al aire, se utiliza el comando **DSP VSWR**;

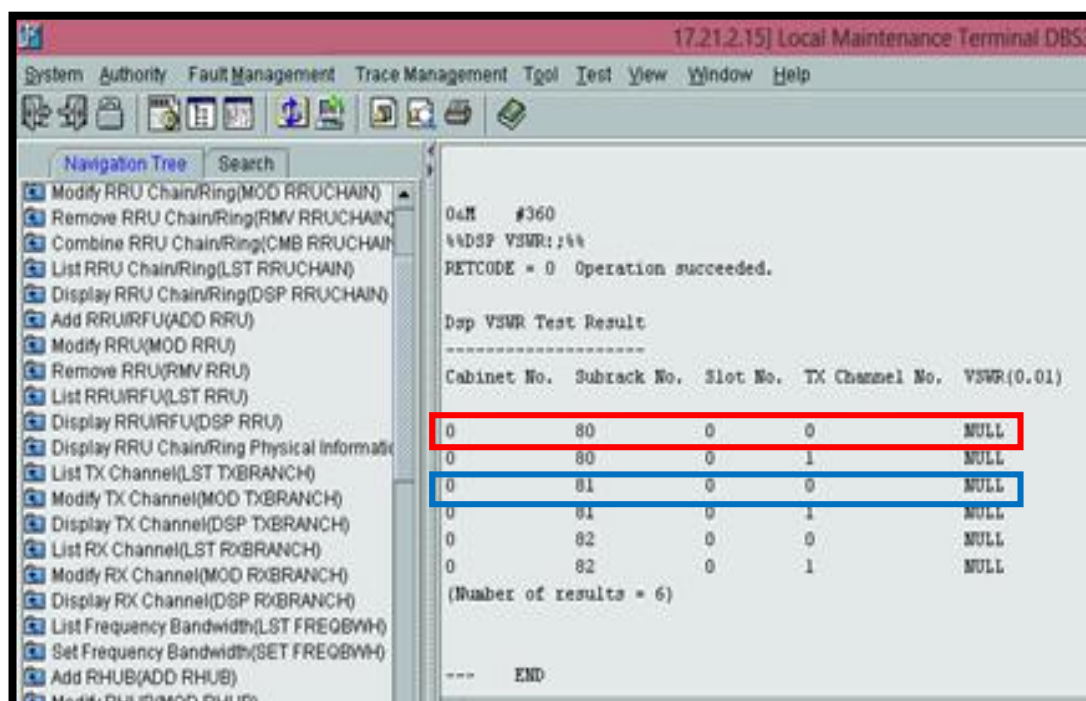


Figura 69. Estado VSWR del Sistema Radiante por Sector Antes de Salir al Aire.
Fuente: Recuperado de Local Maintenance Terminal (LMT)

Como se puede analizar en la Figura 69, los VSWR de cada sector se encuentran en NULL, esto significa que cada sector se encuentra bloqueado desde la red interna de

CNT E.P, misma que a través del software de gestión M2000 se activa los puertos del Nodo_B, para que el sitio salga al aire y brinde servicios a los usuarios.

Una vez levantados los puertos de Trasmisión se verifica los VSWR de los dos sectores mediante el mismo comando **DSP VSWR**, valores de VSWR para el sector 1 de 1,10 y para el sector 2 de 1,20, tal como se visualiza en la Figura 70.

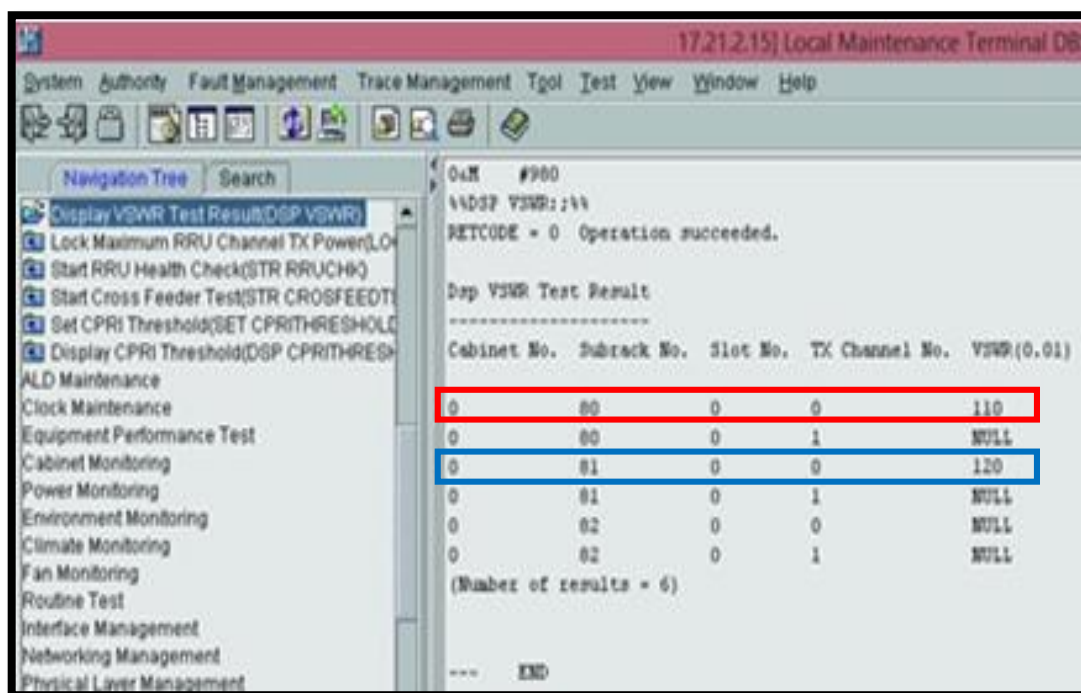


Figura 70. Estado VSWR del Sistema Radiante por Sector una vez Habilitados Sectores.

Fuente: Recuperado de Local Maintenance Terminal (LMT)

Mediante el comando **DSP DEVIP**, podemos visualizar la dirección IP de Gestión la cual garantiza la administración integral y automatizada de Nodo_B, como también se puede visualizar la dirección IP de servicio la cual se encuentra configura en el Nodo_B, tal como se muestra en la Figura 71.

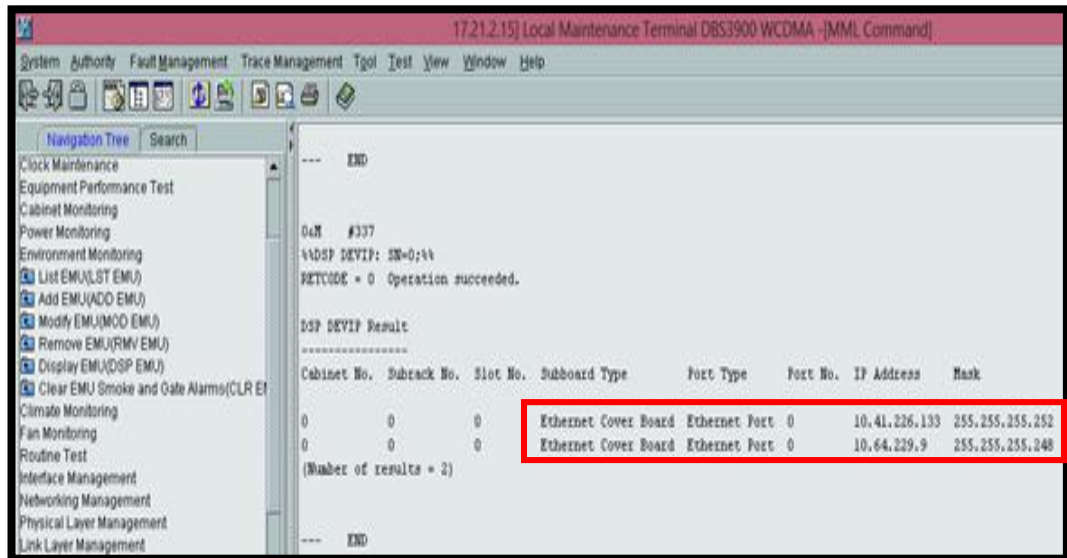


Figura 71. Direcciones IP configuradas de Gestión y Servicio.
Fuente: Recuperado de Local Maintenance Terminal (LMT)

Uno de los parámetros relevantes en el comisionamiento del Nodo_B es la comprobación del correcto funcionamiento de alarmas configuradas en el equipo EMUA, verificar sus características y funcionamiento en Anexo G. Las alarmas existentes se reflejan en el software LMT mediante la desconexión de cada una de ellas, ciertas alarmas se desconectan manualmente, pero otras como las de temperatura y humedad se activan a través de un scrip, en la Figura 72. Muestra las alarmas activas identificadas con color tomate, verde y rojo, dependiendo de la criticidad de cada una de ellas.

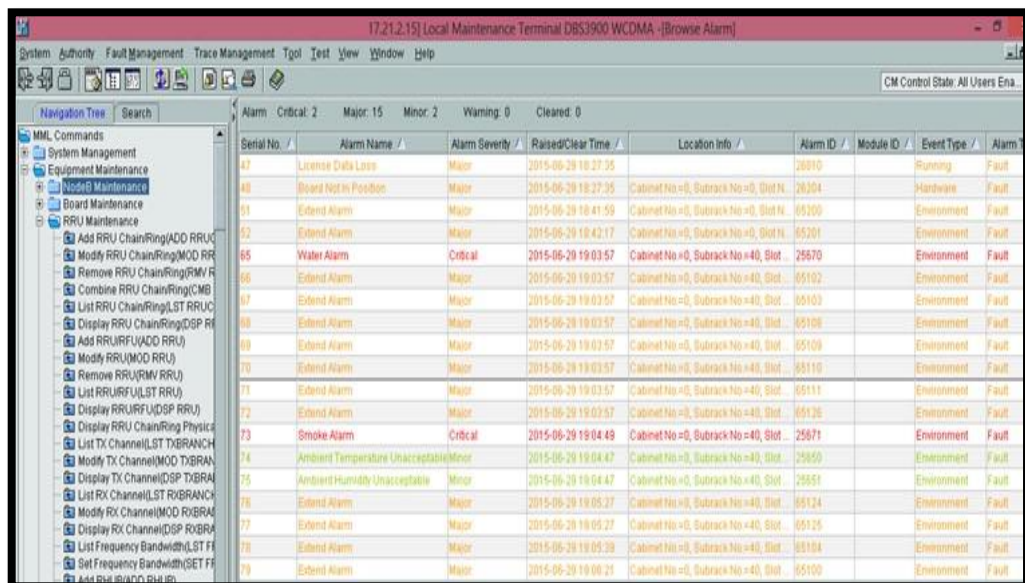


Figura 72. Prueba de Alarmas del Mini Shelter.
Fuente: Recuperado de Local Maintenance Terminal (LMT)

Las alarmas visualizadas en las Figura 72, se identifican por colores los cuales son:

- ✓ Color rojo son alarmas críticas tales como: presencia de líquidos en el Mini Shelter y presencia de humo en el Mini Shelter.
- ✓ Color tomate son alarmas mayores tales como: Falla de Rectificador, Falla AC, Puerta Abierta, Falla de TEC, Falla de HX, Falla de Breaker, Falla de Supresores de Voltage, Falla de Red Pública, Protección de Baterías, Bajo Voltaje DC, Intrusión.
- ✓ Color verde son alarmas menores tales como: Alarma de Temperatura y Humedad.

Luego de visualizar las alarmas activas se procede a desactivarlas manualmente volviendo a su estado normal, mismas que se colocaron en estado de fallo, obteniendo un color plomo el cual identifica que las alarmas se encuentran normalizadas, tal como se puede visualizar en la Figura 73.

Serial No.	Alarm Name	Alarm Severity	Raised/Clear Time	Location Info	Alarm ID	Module ID	Event Type	Alarm Type
47	License Data Loss	Major	2015-06-29 18:27:25		20010		Running	Fault
48	Board Not in Position	Major	2015-06-29 18:27:25	Cabinet No.=0, Subrack No.=0, Slot No.=0	26204		Hardware	Fault
51	Extend Alarm	Major	2015-06-29 18:41:59	Cabinet No.=0, Subrack No.=0, Slot No.=0	85200		Environment	Fault -> Clear
52	Extend Alarm	Major	2015-06-29 18:42:17	Cabinet No.=0, Subrack No.=0, Slot No.=0	85201		Environment	Fault -> Clear
55	Water Alarm	Critical	2015-06-29 19:03:57	Cabinet No.=0, Subrack No.=40, Slot No.=0	25670		Environment	Fault -> Clear
56	Extend Alarm	Major	2015-06-29 19:03:57	Cabinet No.=0, Subrack No.=40, Slot No.=0	85102		Environment	Fault -> Clear
57	Extend Alarm	Major	2015-06-29 19:03:57	Cabinet No.=0, Subrack No.=40, Slot No.=0	85103		Environment	Fault -> Clear
58	Extend Alarm	Major	2015-06-29 19:03:57	Cabinet No.=0, Subrack No.=40, Slot No.=0	85108		Environment	Fault -> Clear
59	Extend Alarm	Major	2015-06-29 19:03:57	Cabinet No.=0, Subrack No.=40, Slot No.=0	85109		Environment	Fault -> Clear
70	Extend Alarm	Major	2015-06-29 19:03:57	Cabinet No.=0, Subrack No.=40, Slot No.=0	85110		Environment	Fault -> Clear
71	Extend Alarm	Major	2015-06-29 19:03:57	Cabinet No.=0, Subrack No.=40, Slot No.=0	85111		Environment	Fault -> Clear
72	Extend Alarm	Major	2015-06-29 19:03:57	Cabinet No.=0, Subrack No.=40, Slot No.=0	85126		Environment	Fault
73	Smoke Alarm	Critical	2015-06-29 19:04:49	Cabinet No.=0, Subrack No.=40, Slot No.=0	25671		Environment	Fault -> Clear
74	Ambient Temperature Unacceptable	Minor	2015-06-29 19:04:47	Cabinet No.=0, Subrack No.=40, Slot No.=0	25650		Environment	Fault -> Clear
75	Ambient Humidity Unacceptable	Minor	2015-06-29 19:04:47	Cabinet No.=0, Subrack No.=40, Slot No.=0	25651		Environment	Fault -> Clear
76	Extend Alarm	Major	2015-06-29 19:05:27	Cabinet No.=0, Subrack No.=40, Slot No.=0	85124		Environment	Fault -> Clear
77	Extend Alarm	Major	2015-06-29 19:05:27	Cabinet No.=0, Subrack No.=40, Slot No.=0	85125		Environment	Fault -> Clear
78	Extend Alarm	Major	2015-06-29 19:05:27	Cabinet No.=0, Subrack No.=40, Slot No.=0	85104		Environment	Fault -> Clear
79	Extend Alarm	Major	2015-06-29 19:06:21	Cabinet No.=0, Subrack No.=40, Slot No.=0	85100		Environment	Fault -> Clear

Figura 73. Prueba de Alarmas Normalizadas.
Fuente: Recuperado de Local Maintenance Terminal (LMT)

Las alarmas que quedan activas en la Figura 73, corresponden a la de intrusión y puerta abierta de Mini Shelter, ya que para estas alarmas se debe estar dentro de la estación y la puerta del Mini Shelter abierta para poder gestionar desde la BBU3900.

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Este capítulo comprende las pruebas de funcionamiento, la cual se realizará a través del software Local Maintenance Terminal (LMT) para verificar que el Nodo_B se encuentra operativo y cumpliendo con proveer de cobertura y acceso a los servicios móviles en los sectores del Batán Alto y Batán Bajo de la zona norte de Quito; para que el Nodo_B se encuentre en servicio, se lleva a cabo los protocolos de funcionamiento, a través del Acceptance Test Protocol (ATP), que conlleva ATP de comisionamiento e integración, ATP de sistema radiante y ATP de instalación, mismos modelos de ATP se encuentran visualizados en Anexos. A su vez se realiza pruebas de llamadas, mismas que me permitirán verificar que las celdas pertenecientes a cada sector se encuentran operativas; esto se analiza mediante la utilización de la aplicación G-NetTrack para dispositivos móviles.

4.1. COMPROBACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DEL NODO_B

En el Rack Huawei Minishelter se realizó el Acceptance Test Protocol (ATP) de comisionamiento e integración y Acceptance Test Protocol (ATP) de instalación, mismos que en los siguientes apartados se muestra la respectiva configuración realizada en el equipo; posteriormente en los mástiles como soportes de las antenas sectoriales se realizó el Acceptance Test Protocol (ATP) del sistema radiante.

4.1.1. Pruebas con Mayor Relevancia en la Entrega del Nodo_B

4.1.1.1. Verificación de Direcciones IP

Como primera prueba se verificar las direcciones IP configuradas en los puertos de Transmisión Fast Ethernet, este proceso se lo realiza ejecutando el comando LST DEVIP, tal como se visualizó en el comisionamiento de la Figura 74.

Al realizar este procedimiento se visualiza las direcciones IP configuradas en el puerto FE/GE de la BBU3900 directamente en las tarjetas WMPT/UTRP, subrack 0, slot 0 y puerto 0, tal como se refleja en la Tabla 25.

Tabla 25. Direcciones IP configuradas en los puertos FE/GE.

Tarjeta	Sub-rack Number	Slot Number	Port Núm.	Status	Resultado
WMPT/UTRP	0	0	0	Configurada	<input checked="" type="checkbox"/> Dirección IP / Mascara 10.41.226.133/30
				No Configurado	<input type="checkbox"/>
WMPT/UTRP	0	0	0	Configurada	<input checked="" type="checkbox"/> Dirección IP / Mascara 10.64.229.9/ 29
				No Configurado	<input type="checkbox"/>

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei

4.1.1.2. Pruebas de Conectividad para Interface Iub en modo IP RAN

Como objetivo principal en este parámetro es verificar la conectividad de los puertos configurados con Transmisión en modo IP.

Sus pre-requisitos establecen:

- ✓ El Nodo_B funciona normalmente después de que el sistema ha sido comisionado.
- ✓ Se ha ingresado correctamente al Nodo B desde LMT.
- ✓ El Nodo_B es configurado acorde a la topología de red.
- ✓ Conocer las direcciones IP del RNC, M2000, IP Clock.

Al cumplir con los pre-requisitos, el procedimiento a seguir para las pruebas de conectividad de los puertos de Transmisión configurados en Modo IP es:

- ✓ Verificar la conectividad de los puertos configurados con Transmisión con modo IP.
- ✓ Para realizar las pruebas de conectividad ejecute el comando PING: SRN=0, SN=X IP="X.X.X.X", SRCIP="Y.Y.Y.Y", CONTPING=DISABLE;

Al realizar este procedimiento se comprueba Ping exitoso entre el Nodo_B con la RNC, el IPCLOCK y el gestor remoto M2000, tal como se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26. Pruebas de PING entre el Nodo_B y RNC, IPCLOCK, M2000.

Tarjeta	Sub-rack Núm.	Slot Núm.	Port Núm.	IP del Nodo_B	RNC	Resultado
WMPT/U TRP	0	0	0	IP de servicio	FG2 RNC	<i>Si</i> <input checked="" type="checkbox"/> <i>No</i> <input type="checkbox"/> <i>N/A</i> <input type="checkbox"/>
				10.41.226.133	10.41.96.1	
				IP de servicio	MPLS GW	<i>Si</i> <input checked="" type="checkbox"/> <i>No</i> <input type="checkbox"/> <i>N/A</i> <input type="checkbox"/>
				10.41.226.133	10.41.226.134	
				IP de gestión	M2000 (O&M)	<i>Si</i> <input checked="" type="checkbox"/> <i>No</i> <input type="checkbox"/> <i>N/A</i> <input type="checkbox"/>
				10.64.229.9	10.64.44.71	
				IP de servicio	IP CLOCK	<i>Si</i> <input checked="" type="checkbox"/> <i>No</i> <input type="checkbox"/> <i>N/A</i> <input type="checkbox"/>
				10.41.226.133	10.41.132.1	

Fuente: Recuperado de Base de Datos Huawei

Para comprobar y verificar que las pruebas de Ping son exitosos se ejecutan desde el software LMT.

La Figura 74 muestra el Ping realizado entre la IP de servicio: 10.41.226.133 al RNC con IP: 10.41.96.1, mismo que es exitoso, tomando en cuenta que la RNC es donde se concentran todos los Nodos_B, los cuales tienen una identificación que son la IP de Servicio y la IP de Gestión.

La IP de Servicio se encuentra declarada en el Nodo_B, entonces al hacer ping entre la IP de Servicio a la RNC, se está comprobando que exista conectividad entre el Nodo_B y la RNC, quiere decir que en la RNC debe estar registrada la IP del Nodo_B.

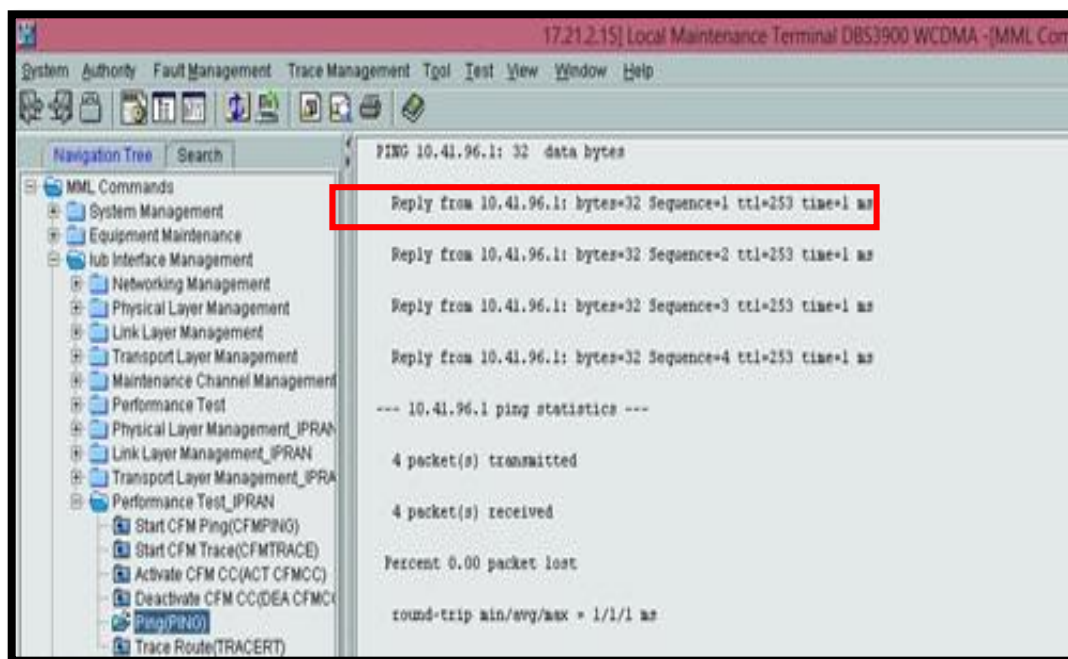


Figura 74. Ping entre la IP de servicio 10.41.226.133 al RNC 10.41.96.1.

Fuente: Recuperado de Local Maintenance Terminal (LMT)

La Figura 75, muestra el Ping realizado entre la IP de servicio 10.41.226.133 al Gateway 10.41.226.134, mismo que es exitoso, de igual manera cuando se realiza un ping desde la IP de Servicio al Gateway, se comprueba que el camino desde el Nodo_B hacia la MPLS se encuentra habilitado.

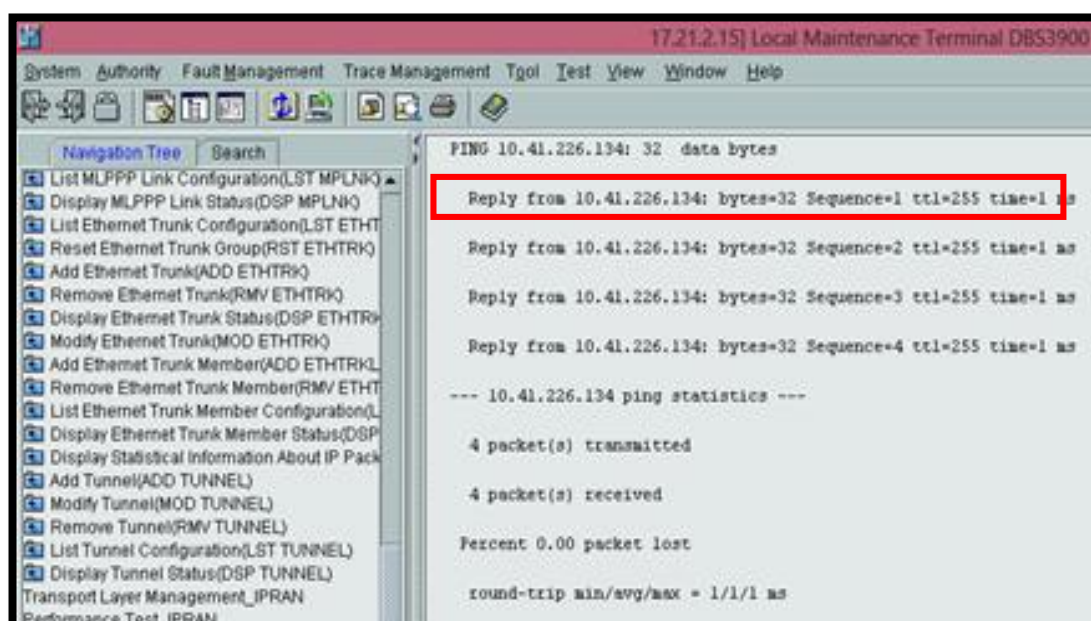


Figura 75. Ping entre la IP de servicio 10.41.226.133 al Gateway 10.41.226.134.

Fuente: Recuperado de Local Maintenance Terminal (LMT)

La Figura 76, muestra el Ping realizado entre la IP de Gestión 10.64.229.9 al M2000 10.64.44.71, mismo que es exitoso, en este punto hay que considerar que el gestor M2000 es una plataforma de gestión y control remoto, y la IP de Gestión es aquella que garantiza la administración integral y automatizada de la red 3G/UMTS del Nodo_B. Entonces al realizar el ping entre la IP de Gestión con el gestor M2000, se está comprobando que el Nodo_B se encuentra registrado en la gestión del Operador.

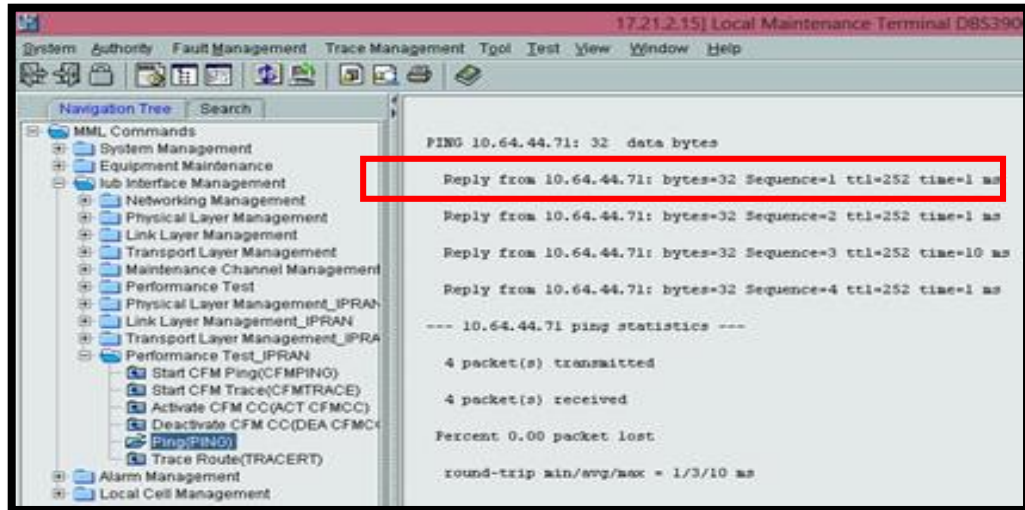


Figura 76. Ping entre la IP de Gestión 10.64.229.9 al M2000 10.64.44.71.

Fuente: Recuperado de Local Maintenance Terminal (LMT)

La Figura 77, muestra el Ping realizado entre la IP de servicio 10.41.226.133 al IPCLOCK 10.41.132.1, indica el sincronismo que existe entre el Nodo_B y la RNC.

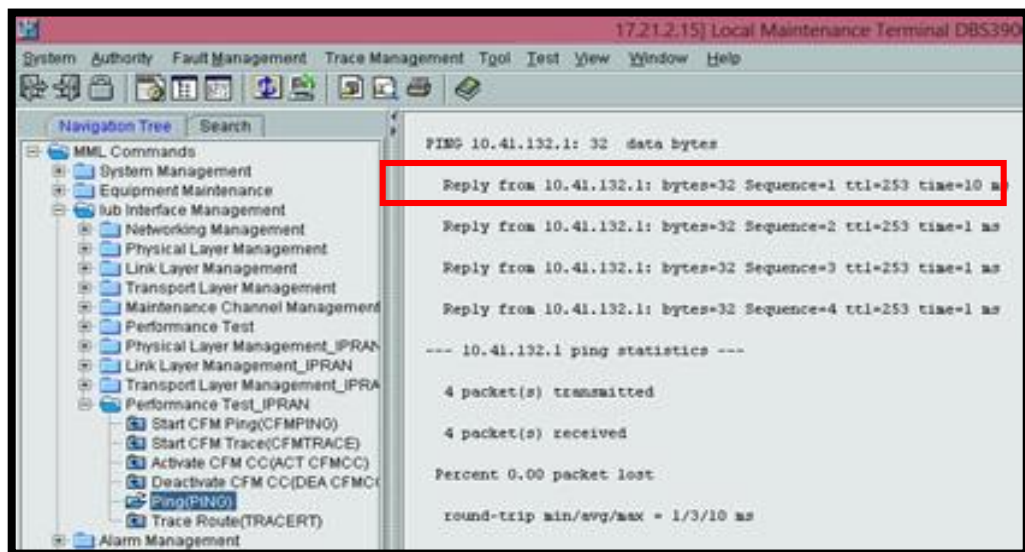


Figura 77. Ping entre la IP de servicio 10.41.226.133 al IPCLOCK 10.41.132.1.

Fuente: Local Maintenance Terminal (LMT)

4.1.1.3. Pruebas Fotográficas de cambio de Cell ID en una llamada de 3G a 3G de la operadora CNT EP.

Dentro de estas pruebas se visualiza que mediante una llamada dentro del área de cobertura existe un cambio entre celdas sin ninguna interferencia, a este proceso se lo denomina Soft Handover, mismo que se lo demuestra a través de la aplicación G-NetTrack Lite, la cual me permite evaluar los tipos de celdas dentro del área de cobertura del Nodo_B, tal como se muestra en la Figura 78.

	
<p align="center">Captura de Identificación del CELLID del Sector 1.</p>	<p align="center">Captura de Identificación del CELLID del Sector 2.</p>

Figura 78. Visualización de Soft Handover a través de aplicación G-NetTrack Lite del UE.

Fuente: Recuperado de Pruebas de G-NetTrack Lite

La descripción de los parámetros según (G-NetTrack Lite, 2015), detalla las siguientes características:

- ✓ **TECH:** Tipo de tecnología que se encuentra utilizado el Nodo_B, en nuestro caso UMTS.
- ✓ **LAC:** código de área Local - la red se divide por áreas de ubicación, en el que el abonado está paginado en todas las células al mismo tiempo, el cual a través de la RNC se actualiza periódicamente. Es importante determinar que 40210 es el código de área actual de la zona de cobertura del Nodo_B Guanguiltahua, el cual se identifica en la aplicación móvil al momento de realizar la prueba de llamada dentro de su zona de cobertura.

- ✓ **RNC:** Es el controlador de la red de radio, el cual se identifica para la red 3G/UMTS con el ID 41, esto significa que es la RNC que controla la celda de servicio actual.
- ✓ **CELLID:** Es el identificador de la celda de servicio actual, tomando en cuenta que el cellid 43221 identifica al sector 1 y correspondientemente el cellid 43222 identifica al sector 2
- ✓ **RSCP:** es utilizado para conseguir la intensidad de señal, y por ende tener criterios de traspaso y control de potencia, es decir analiza el estado actual de cobertura mismo que son óptimos de acuerdo al drive test de RF analizado anteriormente.

Los parámetros visualizados en la Figura 74, permiten corroborar que el Nodo_B Guanguiltahua cumple con los objetivos de cobertura. Tomando en cuenta que al realizar el cambio de celda, no existe ningún tipo de interrupción en la llamada de prueba, esto permite garantizar que el Nodo_B Guanguiltahua, es reconocido en el entorno de la red 3G/UMTS perteneciente al operador CNT E.P.

4.1.1.4. Medidas del Sistema Radiante

a. VSWR de todo el Sistema (Antena/Feeder/Jumpers o Antena/Jumper)

En este proceso de medición como primer punto se verifica el máximo valor de VSWR, obtenido en sitio al momento de la instalación de Jumper (Antena/RRU). Hay que tomar en cuenta que el rango de frecuencias utilizadas para la medición será de 1850 MHz a 2000 MHz, ya que el equipo de medición (SITEMASTER), obtiene los valores exactos de VSWR delimitando la frecuencia de operación del Nodo_B que es 1900 MHz.

La medición de VSWR del sector 1 se encuentra distribuido en dos tipos de mediciones las cuales son: medición del sector (1-0); se la realiza conectando el equipo SITEMASTER directo a la Antena, tomando como resultado una pérdida de onda reflejada de 1.16 de VSWR, para la medición del sector (1-1); se conecta el equipo SITEMASTER a la conexión Jumper/ Antena; tomando como resultado una pérdida de onda reflejada de 1.22 de VSWR. Para la medición del sector 2 se realiza el mismo procedimiento que en el sector 1; tomando como valores de pérdidas de onda reflejada para el sector (2-0), de 1.15 de VSWR y para el sector (2-1), una pérdida de 1.28 de VSWR.

Para referencia, tomar en cuenta los valores adjuntos entregados por el fabricante, tal como se muestra en la Tabla 27.

Tabla 27. Valores predeterminados de VSWR de acuerdo al tipo de Antena a utilizar.

Modelo de Antena	VSWR garantizado por el fabricante	Return Loss RL (dB)
AGISSON A19451803	< 1.5	-14.00

Fuente: Recuperado de Base de Datos Huawei

En este caso se utilizó una antena AGISSON A19451803, misma que muestra los siguientes valores medidos en sitio, visualizados en la Tabla 28.

Tabla 28. Pruebas de VSWR de Antena AGISSON A19451803.

Prueba	Sector 1-0	Sector 1-1	Sector 2-0	Sector 2-1
VSWR nominal/ Model de antena	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5
VSWR máximo medido	1.16	1.22	1.15	1.28
VSWR dentro de rango permitido (Ok o No Ok)	OK	OK	OK	OK

Fuente: Base de Datos Huawei

b. Pérdida de Retorno (RL) de todo el Sistema Radiante (Antena/Feeder/Jumper ó Antena/Jumper)

Como segundo punto se verifica el mínimo valor de RL obtenido en sitio. El rango de frecuencias utilizadas para la medición será de 1850 Mhz a 2000 Mhz, y el punto de medición será en el conector del jumper inferior que se conecta a la RRU.

Para este punto se utilizó la misma antena AGISSON A19451803, misma que muestra los siguientes valores medidos en sitio, visualizados en la Tabla 29.

Tabla 29. Return Loss (RL) de todo el Sistema Radiante (Antena/Feeder/Jumper ó Antena/Jumper).

Prueba	Sector 1-0	Sector 1-1	Sector 2-0	Sector 2-1
RL nominal (dB)	-14.00	-14.00	-14.00	-14.00
RL medido (dB)	-22.58	-20.47	-23.15	-18.11
RL dentro de rango permitido (ok o No ok)	OK	OK	OK	OK

Fuente: Recuperado de Base de datos Huawei

4.1.1.5. Gráficas de VSWR por cada Puerto de Antena

Como parte fundamental de estas pruebas todas las gráficas obtenidas y registradas en el equipo de prueba, deben tener la siguiente nomenclatura para identificar el sitio, sector y puerto de antena: NOMBRE DEL SITIO - SECTOR (1, 2, 3) - PUERTO (0, 1), tal como se visualiza en la Figura 79.

En la Figura 79; nos indica la primera medición de VSWR del sector (1-0), tomando en cuenta el marcador con el pico más alto de pérdida de onda reflejada; valor máximo de 1.16 de VSWR

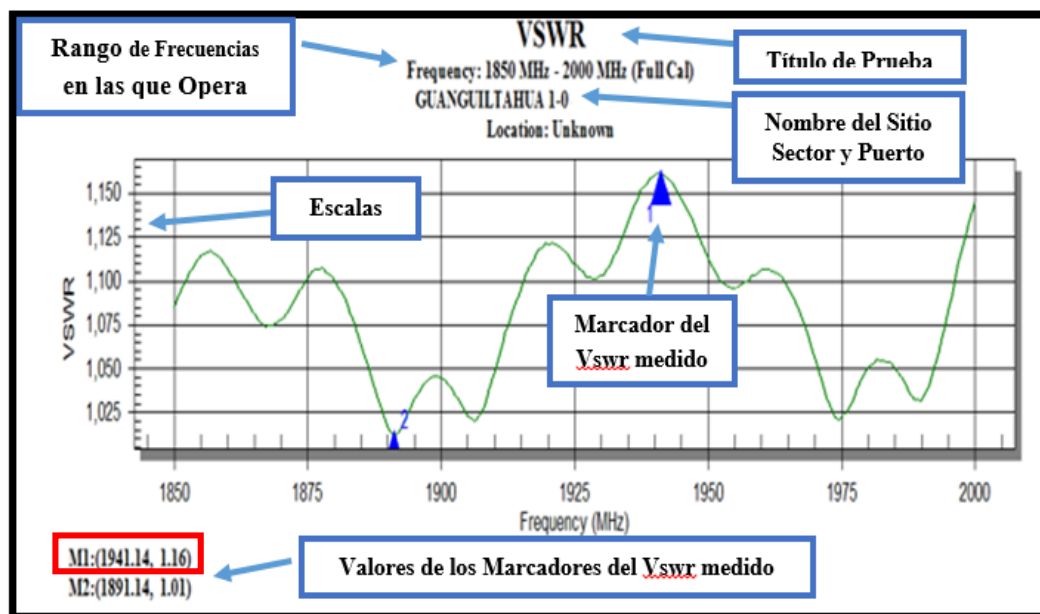


Figura 79. VSWR 1-0.

Fuente: Recuperado de Base datos Huawei

En la Figura 80; nos indica la segunda medición de VSWR del sector (1-1), tomando en cuenta el marcador con el pico más alto de pérdida de onda reflejada; valor máximo de 1.22 de VSWR.

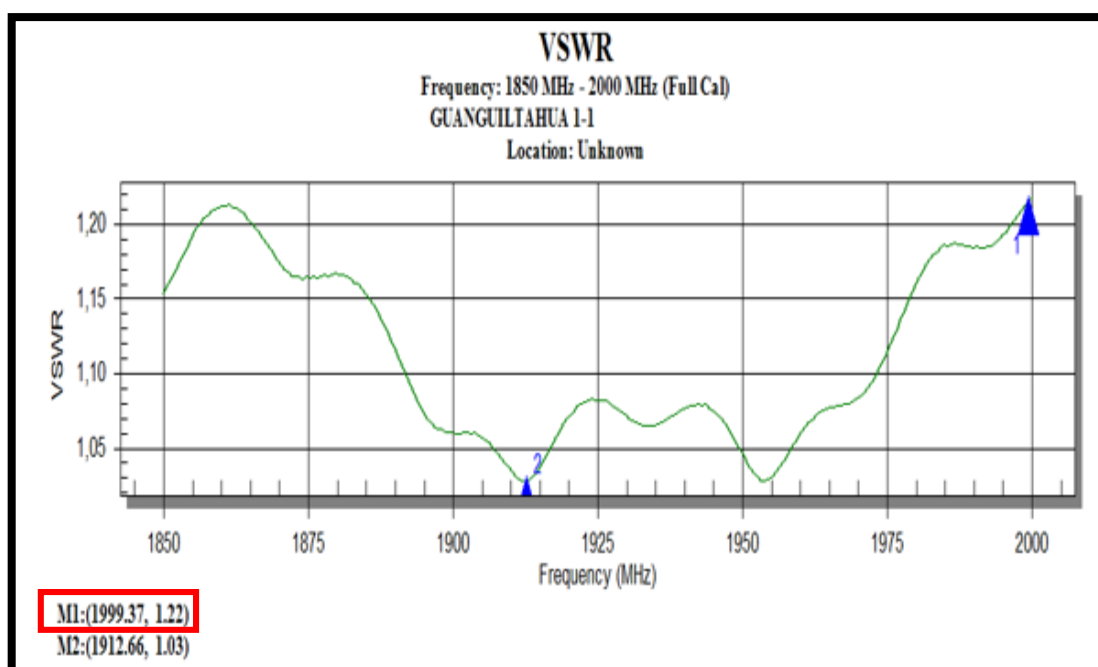


Figura 80. VSWR 1-1.

Fuente: Recuperado de Base datos Huawei

En la Figura 81; nos indica la primera medición de VSWR del sector (2-0), tomando en cuenta el marcador con el pico más alto de pérdida de onda reflejada; valor máximo de 1.15 de VSWR.

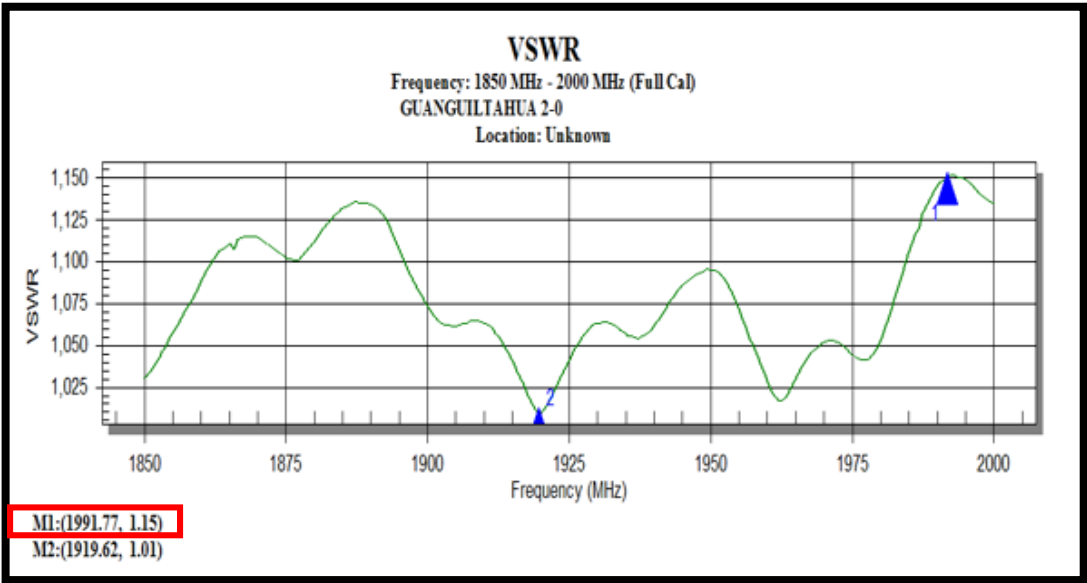


Figura 81. VSWR 2-0.
Fuente: Recuperado de Base datos Huawei

En la Figura 82; nos indica la segunda medición de VSWR del sector (2-1), tomando en cuenta el marcador con el pico más alto de pérdida de onda reflejada; valor máximo de 1.28 de VSWR.

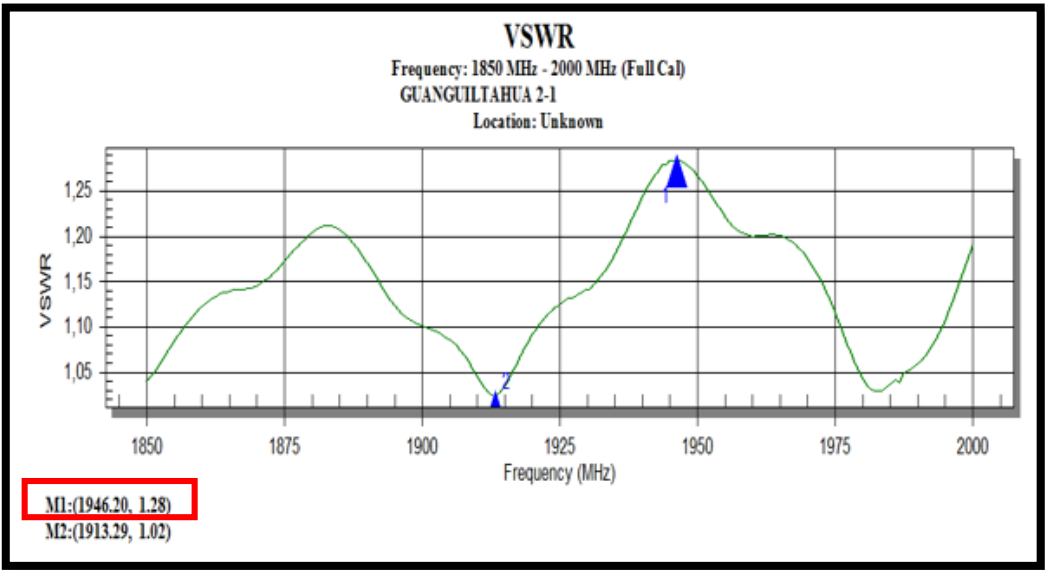


Figura 82. VSWR 2-1.
Fuente: Recuperado de Base datos Huawei

4.1.1.6. Gráficas de la Pérdida de Retorno (RL) por cada Puerto de Antena

Tomando en cuenta el proceso de medición del apartado 4.1.1.5; todas las gráficas obtenidas y registradas en el equipo de prueba, deben tener la siguiente nomenclatura para identificar el sitio, sector y puerto de antena NOMBRE DEL SITIO SECTOR (1, 2, 3) - PUERTO (0, 1).

Los datos medidos de RL tanto en el sector 1 como el sector 2, el procedimiento realizado es considerado de acuerdo al apartado 4.1.1.5, que son las mediciones del VSWR, cambiando únicamente el campo de prueba.

En la Figura 83; nos indica la primera medición de RL del sector (1-0), tomando en cuenta el marcador con el pico más alto de pérdida de retorno; valor máximo de -22.58 de RL.

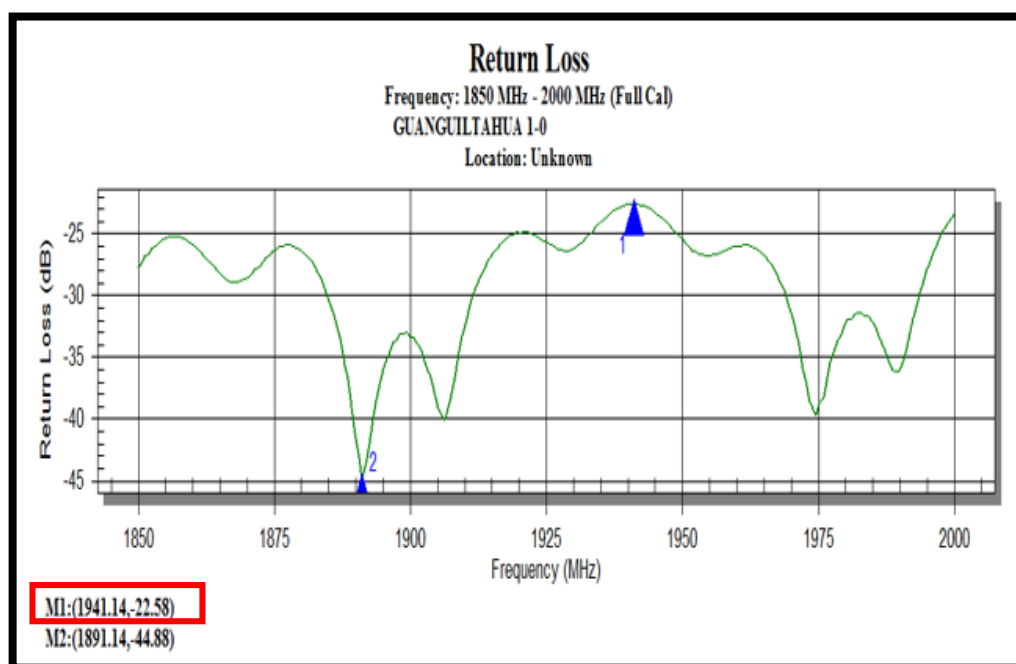


Figura 83. Pérdida de Retorno 1-0.
Fuente: Recuperado de Base datos Huawei

En la Figura 84; nos indica la segunda medición de RL del sector (1-1), tomando en cuenta el marcador con el pico más alto de pérdida de retorno; valor máximo de -20.47 de RL.

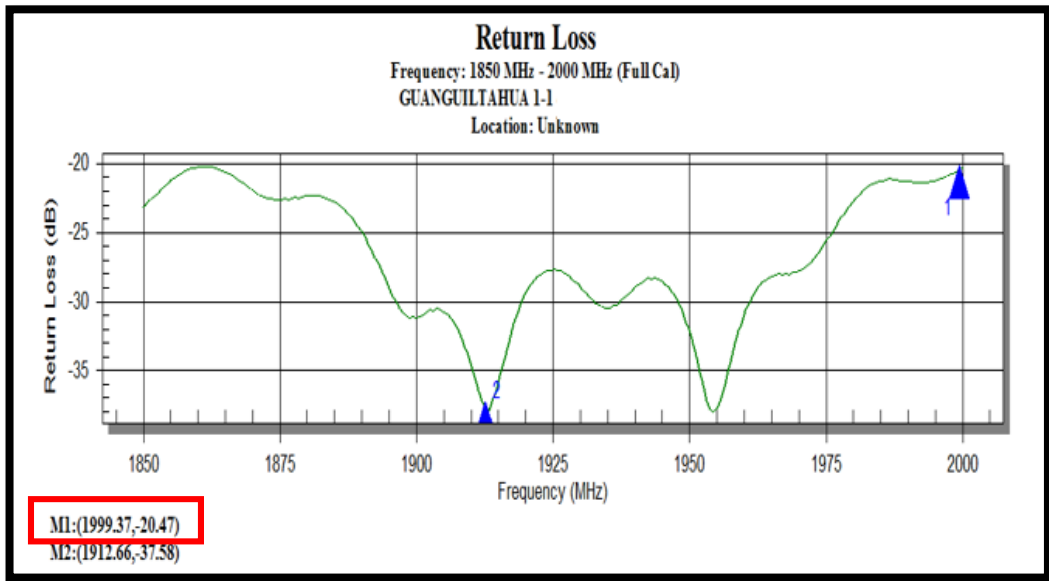


Figura 84. Pérdida de Retorno 1-1.
Fuente: Recuperado de Base datos Huawei

En la Figura 85; nos indica la primera medición de RL del sector (2-0), tomando en cuenta el marcador con el pico más alto de pérdida de retorno; valor máximo de -23.15 de RL.

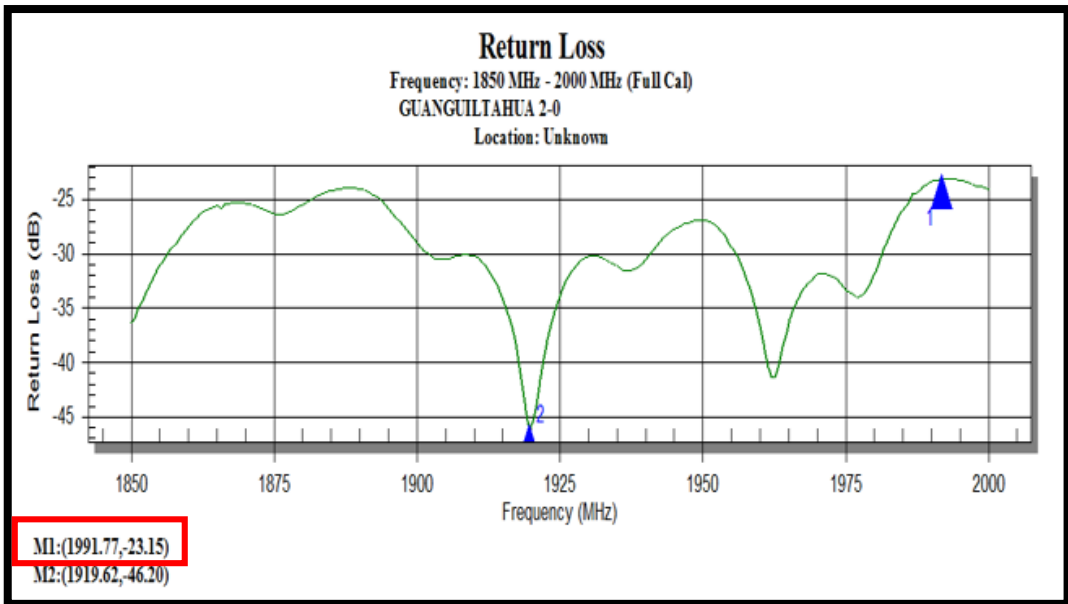


Figura 85. Pérdida de Retorno 2-0.
Fuente: Recuperado de Base datos Huawei

En la Figura 86; nos indica la segunda medición de RL del sector (2-1), tomando en cuenta el marcador con el pico más alto de pérdida de retorno; valor máximo de -18.11 de RL.

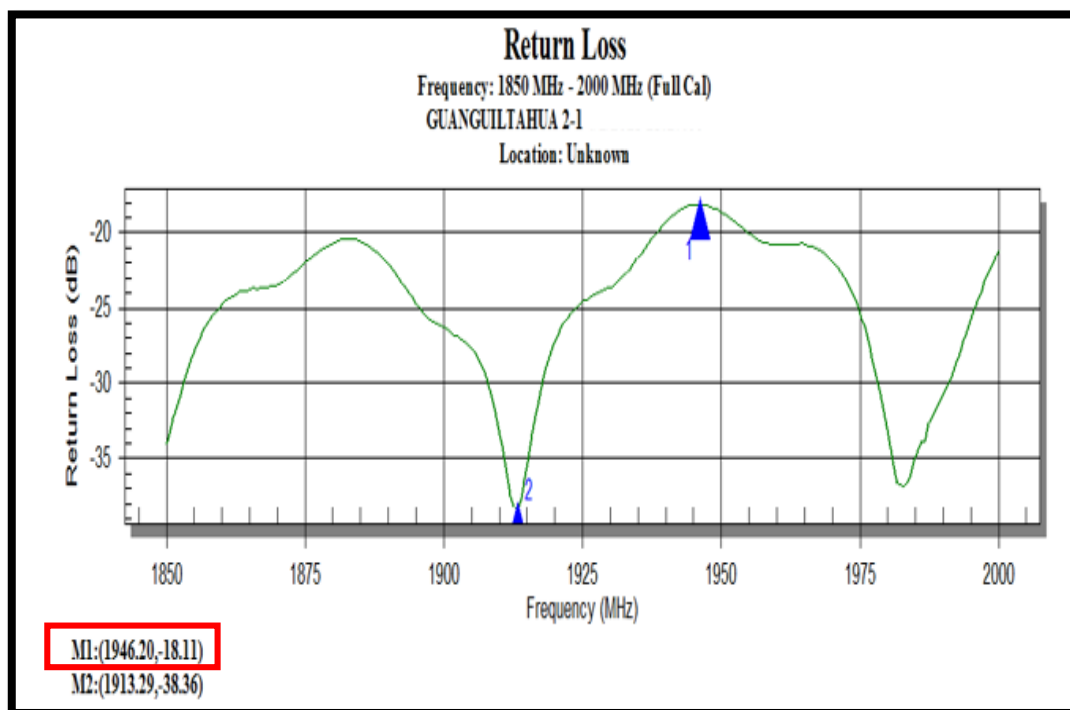


Figura 86. Pérdida de Retorno 2-1.
Fuente: Recuperado de Base datos Huawei

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En éste capítulo mediante el análisis y pruebas realizadas se darán a conocer las conclusiones y recomendaciones obtenidas del trabajo realizado.

5.1. CONCLUSIONES

- ✓ Al culminar con los análisis realizados en el diseño del nuevo Nodo_B, se obtuvieron los resultados iniciales a través del drive test de RF, los cuales se verificaron con los cálculos manuales que se hicieron para el modelo de propagación y el presupuesto de enlace; donde los resultados varían dependiendo de cada parámetro como, potencia de transmisión CPICH (2W), potencia máxima en la que opera el Nodo_B (20W), frecuencia de la portadora (1900 MHz), ancho de banda (5 MHz), ganancia de la antena RF (18dBi), área de cobertura de la celda del Nodo_B (21.59 Km²), entre otros, los cuales son ingresados en el software U-Net para la creación de mapas de tráfico analizando los niveles de cobertura y la no existencia de sobre-lapamiento entre celdas, y por ende establecer la predicción del sitio nominal donde se implementó el nuevo Nodo_B.
- ✓ Plasmado el diseño de la red 3G/UMTS; mediante el reporte de inspección técnica del sitio o Technical Site Survey (TSS), se realizó el levantamiento de información en campo y la proyección del sitio; con el cuál se realizó la instalación y adecuación del Nodo_B, tomando en cuenta los estudios realizados por obra civil, en cuanto a la capacidad que tiene la estructura para soportar las cargas gravitacionales y sobrecargas de equipos de telecomunicaciones, bajo la Norma ANSI/TIA 222F, indicando que la estructura tiene la capacidad suficiente para resistir una carga sísmica equivalente al 10% de su propio peso, y adicionalmente vientos de 120 Km/h aplicados sobre la estructura,
- ✓ Bajo recomendaciones del proveedor de equipos de telecomunicaciones, se especificó que en los tres tipos de mástiles con alturas que varían entre 3, 6 y 9 metros, el requerimiento de la altura a utilizar depende única y principalmente de la línea de vista que exista en la zona de cobertura que se desea cubrir; análisis

que se verifica en la sesión fotográfica realizada en la terraza cada 30°, por lo tanto al contar con línea de vista se utiliza únicamente mástiles de 3m.

- ✓ Se efectuó el comisionamiento e integración del Nodo_B Guanguiltahua, mediante la plataforma de gestión interna Local Maintenance Terminal (LMT), la cual permite verificar los siguientes parámetros: versiones de la BBU, puertos Ethernet en estado UP, activación remota de mediciones de VSWR con el gestor M2000, direcciones IPs de Gestión como de Servicio configuradas, dimensionamiento de canales de tráfico de voz (6 canales), dimensionamiento de canales de tráfico de datos (16 canales) y estado de alarmas, parámetros que se encuentran de acuerdo a los requerimientos del operador de telefonía móvil celular.
- ✓ Se realizó las pruebas de aceptación del Nodo_B, por parte de la CNT EP; este proceso se lo efectúa mediante pruebas de funcionamiento, a través de un documento llamado Protocolo de Pruebas de Aceptación o ATP, dentro de las pruebas a considerar se realizaron las pruebas de Ping verificando conectividad y sincronismo entre el Nodo_B con el gestor M2000 y la RNC que fueron exitosos. Una de las pruebas más exigentes para la entrega del sitio es verificar la pérdida de onda reflejada o VSWR en cada sector, resultados satisfactorios para el operador ya que se encuentran dentro del rango de pérdidas menores a 1.3 de VSWR.

5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda analizar que antes de ejecutar el diseño, se obtenga la información más sobresaliente de la tecnología 3G/UMTS, como principios de funcionamiento, arquitectura; con el fin de calzar puntos claves que detallen sus características y modos de operación, que se requiere para el diseño de la red 3G.
- ✓ Es importante que se examine los medios geográficos donde se va a realizar la implementación del Nodo_B, ya que existen posibles obstáculos, como edificios,

árboles, principales factores que impiden la propagación de la señal dentro de la planeación de cobertura.

- ✓ Se debe tomar en cuenta que para la elección de un sitio nominal, se deben elegir más de una opción, ya permiten ampliar mayor campo dentro de las zonas huecas con difícil acceso a las señales móviles.
- ✓ Hay que considerar los factores de interferencia con los Nodos_B vecinos, para obtener una visión clara y real en el desarrollo del proyecto.
- ✓ Para el diseño en el edificio es recomendable que la altura de las antenas en los mástiles sea similar a la altura de las antenas de los nodos existentes, esto permitirá tener uniformidad en las áreas de cobertura de celdas, permitiendo disminuir la interferencia entre celdas.
- ✓ Es importante que al momento de la instalación de los equipos, se encuentren aterrizados correctamente, en la barra de tierra del Rack Huawei, como la barra de tierra de la estación, permitiendo tener un punto de caída de voltajes, sin que afecte a los equipos de transmisión como de radio frecuencia.
- ✓ Es factible que el Nodo_B cuente con un respaldo de energía, a parte de su sistema eléctrico suministrado por el tablero de energía, este respaldo son sus bancos de baterías, esto facilitará a que si ocurre un corte de energía eléctrica entren en funcionamiento los bancos de baterías, permitiendo que el Nodo_B no pierda los servicios brindados en la zona de cobertura a la que pertenece.
- ✓ Se recomienda configurar los equipos de forma correcta, ya que de eso depende que el Nodo_B, cumpla con el objetivo de mejorar la cobertura y brindar servicios de telefonía móvil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Henne , I., & Thorvaldsen, P. (2002). *Planificación de radioenlaces*. Bergen: Segunda edición, Nera 2002, 1999.
- Navarro Giovanetti, J. A. (2008). *Evolución de 3G y su Convergencia a 4G en Comunicaciones Móviles*. Valdivia.
- 3GPP. (2005). *3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Physical layer - Measurements (FDD);(Release 1999)*. © 2004, 3GPP Organizational Partners (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TTA, TTC). All rights reserved.
- Aguirre Álvarez, J. M., & Chávez González, L. A. (2010). *Estudio y Diseño de Transmisores y Receptores UMTS*. Guayaquil - Ecuador.
- ARCOTEL. (13 de Febrero de 2015). Resolución ARCOTEL-2015-000100. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Calderón, M., & Escandón, J. (2010). *Introducción a WCDMA para UMTS*. Recuperado de: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/186/3/Capitulo%202.pdf>.
- CEDENO, E. F. (Octubre, 2015). DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN NODO B ADICIONAL EN UNA ZONA DE ALTO TRÁFICO DE LA CIUDAD DEL COCA PROVINCIA DE ORELLANA PARA AUMENTAR CAPACIDAD Y COBERTURA DE LA RED UMTS. Quito.
- Cerquides, D. R. (Enero 2010). *Comunicaciones Móviles 2G y 3G+*. Trabajo Personal Diapositivas.
- Chimbo Rodríguez, M. C. (2012). *Analisis a la Propuesta de Evolución de Redes 3G y su Convegencia a la Tecnología 4G para Redes de Telefonía Móvil*. Cuenca - Ecuador.
- Correia, L. M. (March 2009). *A View of the COST 231-Bertoni-Ikegami Model*. EuCAP 2009. Berlin: 3rd European Conference on Antennas and Propagation.
- Cruz, F. A., Ortega Romero, S. R., & Andrade Mora, R. (2010). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACION DE UNA RED UMTS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL*. Guayaquil - Ecuador.
- Cueva Vargas, O. X., & Santacruz Paz, D. V. (2010). *AUTOMATIZACIÓN DE HERRAMIENTAS DE POST PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE DRIVE-TEST QUE PERMITAN DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE QoS DE LAS REDES GSM/GPRS/UMTS DE LOS SISTEMAS MÓVILES AVANZADOS*. Quito-Ecuador.
- Dans, E. (jueves 11 de noviembre de 2004). *UMTS La ceguera intencionada. Avance de las Nuevas Tecnologías*.

- Donate Prieto, F. (2012). GPRS. Recuperado de: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11980/fichero/CAP%CDTULO+3+-+FUNDAMENTOS+GSM+Y+UMTS%252F3.4+GPRS.pdf>.
- Fernández Orozco, G. P. (2013). *ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES DE DRIVE TEST REALIZADAS POR LA SUPERTEL EN LA RED DE SERVICIO MÓVIL AVANZADO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA PARA PROPONER MEJORAS EN LOS NIVELES DE COBERTURA Y CALIDAD DE SERVICIO*. Riobamba - Ecuador.
- Forks. (Febrero 2011). *User Manual LTE*. Telecomunicaciones. Chicago.
- Gaibor, C. G. (2005). *DISEÑO DE UNA RED TELEFÓNICA CELULAR PARA LA CIUDAD DE AMBATO UTILIZANDO TECNOLOGÍA 3G*. Ambato- Ecuador: Recuperado: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/395>.
- Gallegos Rodríguez, E. D., & Galindo Hidalgo, W. J. (2006). *Diseño y Planificación de Cobertura Celular CDMA2000 1x mediante un Sistema Repetidor(es)-BTS(s) para la Carretera Aloag-Santo Domingo*. Quito.
- García Cogorro, J., Carro, A., Soto, J., Shulte-Bockum, J., Van Doorn, P., & Páez, J. M. (2004). 3G/UMTS Una realidad impaciente. Fundación de la Innovación Bankinter ; Recuperado de: https://www.fundacionbankinter.org/documents/11036/16211/Publicacion+PDF+ES+FTF_3G/da82222c-8d3a-417e-984a-d99b6808be26.
- G-NetTrack Lite*. (26 de febrero de 2015). Obtenido de https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gyokovsolutions.gnettracklite&hl=es_419
- Guachilema Valencia, I. J., & León Drouet, I. A. (Enero, 2010). *Calidad de Servicio (QoS) de la Red UMTS en la Ciudad de Durán*. Duran - Ecuador: Recuperado de: <http://www.ultratelcomunicaciones.com>.
- Herradón Diez,, R. (Marzo, 2010). Comunicaciones Móviles 3G: UMTS,. Recuperado de: <http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-ycomunicaciones->.
- Herrera, J. L. (Mayo, 2009). *Tecnologías Celulares de Tercera Generación y su Evolución*. Lima.
- Huawei Technologies Co., L. (08 Enero, 2014). WCDMA Nodo_B DBS3900 - Guía de Instalación de Hardward (Mini Shelter). Quito - Ecuador.
- HUAWEI TECHNOLOGIES CO., L. (2011). *Long Term Evolution (LTE), Radio Access Network Planning Guide*.
- Huawei Technologies CO., L. (2012-09-30.). *DBS3900 Product Description*.
- Huawei Technologies CO., L. (s.f.). *Base Station Antenna Catalogue*.
- Huawei Technologies CO., L. (s.f.). *LTE Hardware Introduction*.

- Lin Guangpu, D. F. (2011). *Long Term Evolution (LTE) Radio Access Network Planning Guide*.
- Martínez Rodríguez, R. O. (8 Enero de 2004). *Estudio sobre las prestaciones de Antenas Inteligentes en Sistemas de Comunicaciones Móviles de Tercera Generación (UMTS)*. Madrid - España.
- Mayorga, L. A. (2001). *IMT-2000 - Comunicaciones móviles de tercera generación y su implementación en Chile*. Chile.
- Montes de Oca, E., Egel Bello, M., & Rodríguez Medrano, N. (2012). *UMTS(Universal Mobile Telecommunication System)*.
- Murguet, R. (2004). *Comunicaciones Móviles, GSM, GPRS, EDGE*. Cuenca - Ecuador: Recuperado de: <http://slideplayer.es/slide/1101555/>.
- O. S. Roig, J. L. (2003). *Principios de Comunicaciones Móviles*. Barcelona: Politecn: Primera Edición.
- Qualcomm. (May 2006). WCDMA Network Planning. 80-W0853-1 Revision B,.
- Ricaurte Zambrano, B. E., & Delgado Arechúa, R. F. (2010). *Diseño de una red UMTS para brindar el servicio de internet en la vía a la costa de la Ciudad de Guayaquil desde el Km. 10 hasta el Km. 25*. Guayaquil - Ecuador.
- Sáenz Medina, J. S. (2009). *DEFINICIÓN, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE ANTENA FRACTAL MONOPOLO DE SIERPINSKI*. Lima: Recuperado de: <http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/urp/68>.
- Sevilla, E. S.-U. (2010). *Diseño y parametrización de una estación de telefonía móvil 2G/3G*. Sevilla.
- Technologies, H. (Enero, 2010). WCDMA RAN Fundamental ISSUE 1.0. Recuperado de: www.huawei.com/support.
- Telecomunicaciones, U. (Enero, 2010). Network Planning - Initial Tuning - Optimización. Recuperado de: <http://www.ultratelcomunicaciones.com>.
- Vielma, M. (2005). *Introducción a las Antenas, edición 2010*.

GLOSARIO

- 3G:** 3rd Generation en español Tercera Generación
- 3GE:** 3rd Generation Expantion en español Expansión de Tercera Generación
- 3GPP:** 3rd Generation Partnership Project en español Sociedad de Proyectos de Tercera Generación
- 3GPP2:** 3rd Generation Partnership Project 2 en español Sociedad de Proyectos de Tercera Generación 2
- AC:** Alternating Current en español Corriente Alterna
- ATP:** Acceptance Test Protocol en español Protocolo de Pruebas de Aceptación
- BBU:** Base Band Unit en español Unidad Banda Base
- BLER DL:** Block Error Rate Down Link en español Tasa de Error de Bloque en Enlace Descendente
- BTS:** Base Transceiver Station en español Estación Base Trasmisora Receptora
- CDMA:** Code Division Multiple Access en español Acceso Múltiple por División de Código
- CN:** Network Core en español Red de Núcleo
- CPICH:** Common Pilot Channel en español Canal Piloto Común
- DC:** Direct Current en español Corriente Directa
- DL:** Down Link en español Enlace Descendente
- DS:** Direct Sequence en español Secuencia Directa
- EDGE:** Enhanced Data Rates for GSM Evolution en español Tasas de Datos Mejoradas para la Evolución de GSM
- EIRP:** Equivalent Isotropically Radiated Power en español Potencia Isotrópica Radiada Equivalente
- FDD:** Frequency Division Duplexing en español Duplexación por División de Frecuencia
- FDMA:** Frequency Division Multiple Access en español Acceso Múltiple por División de Frecuencia
- FFH:** Fast Frequency Hopping en español Salto de Frecuencia Rápido
- Frecuencia
- GGSN:** Gateway GPRS Support Node en español Nodo de Soporte de Puerta de Enlace GPRS
- GPRS:** General Packet Radio Service en español Servicio General de Paquetes Vía Radio
- GSM:** Global System for Mobile communications en español Sistema Global de Comunicaciones Móviles

IMT-2000: International Mobile Telecommunications for the year 2000 en español Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000

IP: Internet Protocol en español Protocolo Internet

ISDN: Integrated Services for Digital Network en español Red Digital de Servicios Integrados

LMT: Local Maintenance Terminal en español Terminal de Mantenimiento Local

LTE: Long Term Evolution en español Evolución de Largo Plazo

MAC: Media Access Control en español Control de Acceso al Medio

MAP: Mobile Application Part en español Parte de Aplicaciones Móviles

MSC: Mobile Switching Center en español Central de Conmutación Móvil

OPC1: First Option en español Primera Opción

OPC2: Second Option en español Segunda Opción

OSI: Open System Interconnection en español Interconexión de Sistemas Abiertos

PSTN: Public Switched Telephone Network en español Red Telefónica Pública Conmutada

QAM: Quadrature Amplitude Modulation en español Modulación de Amplitud en Cuadratura

QPSK: Quadrature Phase Shift Keying en español Modulación por Desplazamiento Cuadrafásica

RF: Ratio Frequency en español Radio Frecuencia

RL: Return Loss en español Pérdida de Retorno

RLC: Radio Link Control en español Control de Enlace de Radio

RNC: Control Network Ratio en español Control de la Red de Radio

RRU: Remote Radio Unit en español Unidad de Radio Remota

RSCP: Received Signal Code Power en español Código de Señal de Potencia Recibida

RSSI: Received Signal Strength Indicator en español Indicador de Fuerza de Señal Recibida

SFH: Slow Frequency Hopping en español Salto de Frecuencia Lento

SGSN: Serving GPRS Support Node en español Nodo de Soporte del Servicio GPRS

SNR: Signal to Noise Ratio en español Relación Señal Ruido

SWR o ROE: Standing Wave Ratio en español Relación de Onda Estacionaria

TDD: Time Division Duplexing en español Duplexación por División de Tiempo

TDMA: Time Division Multiple Access en español Acceso Múltiple por División de Tiempo

TIC: Technology of the Information and Communication en español Tecnologías de la Información y la Comunicación

TSS: Technical Site Survey en español Estudio Técnico del Sitio

UE: User Equipment en español Equipo de Usuario (Teléfono Celular)

UIT: International Telecommunication Union en español Unión Internacional de Telecomunicaciones

UL: UP Link en español Enlace Ascendente

UMTS: System Telecommunications Mobile Universal en español Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universal

UTRAN: Universal Terrestrial Radio Access Network en español Red de Acceso de Radio Terrestre Universal

VSWR: Voltage Standing Wave Ratio en español Relación de Voltaje de Onda Reflejada

WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access en español Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha

ANEXOS



ATP de Nodo B: Protocolo de pruebas de aceptación de
Comisionamiento e Integración del Nodo B



CONTRATO CNT-4300000083

PROYECTO CNT 3GE

"AMPLIACIÓN DE LA RED DE TERCERA GENERACIÓN WCDMA/HSPA+ QUE CUMPLAN CON EL
ESTÁNDAR 3GPP, INCLUYE INFRAESTRUCTURA CIVIL Y SERVICIOS HASTA SU PUESTA EN
OPERACIÓN CON LA EMPRESA HUAWEI TECHNOLOGIES CO.LTD"

CONTRATO 4300000083



ATP Nodo B Distribuido (UMTS)

DBS 3900

Protocolos de pruebas de aceptación de
comisionamiento e integración

NOMBRE DEL SITIO		ID DE LA ESTACIÓN	
CIUDAD		PROVINCIA	
DIRECCIÓN			

	RESPONSABLE	EMPRESA	FIRMA	FECHA
RECIBE		CNT		
ENTREGA		HUAWEI		

Las firmas adjuntas, certifican que el NODO B, ha sido aceptado de acuerdo a las pruebas
descritas y detalladas en este documento.



Tabla de Contenidos

Pruebas de Hardware	3
T01-01 Revisión de Hardware	3
T02-0101 Revisión del encendido (energizado) de la BBU	3
T03-0101 Revisión del encendido (energizado) de las RRUs	4
T02 Operación, Mantenimiento y Servicios	5
T02-02 Gestión de versión de Software	5
T02-0201 Consulta de la versión de software del Nodo B	5
T03-0201 Consulta de la versión de las Tarjetas	6
T03-02 Gestión del Equipo Nodo B	7
T02-0201 Reinicio del Sistema	7
T03-0201 Reinicio de las RRUs	7
T04-0201 Bloqueo y desbloqueo de Tarjetas y/o dispositivo del Nodo B.	8
T05-0201 Bloqueo y desbloqueo de celdas del Nodo B	9
T06-0201 Consulta del estado de los puertos CPRI (módulos ópticos) de la BBU y las RRU	10
T07-0201 Consulta del estado de reloj del Nodo B	11
T04-02 Gestión de la Interface lub del Nodo B	12
T02-0201 Gestión de la Interface lub en modo IP RAN (Puertos IP)	12
T03-0201 Pruebas de Conectividad para Interface lub en modo IP RAN	13
T05-02 Gestión de Parámetros y Alarmas del Sistema Radiante	14
T02-0201 Consulta del estado y configuración de Alarmas del VSWR	14
T06-02 Gestión y Configuración de Alarmas Externas	14
T02-0201 Configuración y Consulta del estado de Alarmas externas	14
T07-02 Test de Servicios	16
T02-0201 Test de Llamadas de Voz	16
T03-0201 Pruebas de HSPA+	18



Pruebas de Hardware

T01-01 Revisión de Hardware

T02-0101 Revisión del encendido (energizado) de la BBU

Objetivo Verificar el estado de encendido (energizado) de la BBU	
Diagrama de Red Ninguno	
Pre-requisitos <ol style="list-style-type: none">El hardware de la BBU está instalado correctamenteLos cables de la BBU están conectados e instalados correctamenteEl switch de la BBU debe estar en estado OFF (Apagado).El voltaje de salida del DCDU-03B debe de estar en los siguientes rangos normales: Valor normal : -48 V DC Valores normales permitidos : de -40 V DC a -60 V DC	
Procedimiento	Resultados Esperados
<ol style="list-style-type: none">Poner en estado ON (encendido) el switch de la BBU.<ol style="list-style-type: none">Encender el switch de la DCDU-03B que está conectado a la BBU asegurándose de que el voltaje se encuentra dentro del voltaje permitido.<ul style="list-style-type: none">Revisar si el Indicador RUN de la BBU funciona normalmente.En estado normal el Indicador de RUN parpadea a una frecuencia de 0.5 Hz (2 seg), si esto ocurre la BBU está funcionando correctamente, solo luego de esto se pueden encender (energizar) las RRUs.En caso de existir alguna falla vaya al siguiente paso.Apague los switchs de la BBU, del DCDU-03B y el breaker de la ETP48150.Revise y corrija cualquier falla en el Voltaje de entrada que pueda existir en las conexiones de los elementos del circuito tales como cables, switch, breakersRepita los pasos antes descritos hasta encontrar y solucionar la falla	La BBU está encendida y el indicador RUN funciona normalmente Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Voltaje de entrada de la BBU: Valor normal: -48VDC Valor medido: _____ VDC	El voltaje se encuentra en el rango permitido Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>



T03-0101 Revisión del encendido (energizado) de las RRUs

Objetivo Verificar la fuente de energía y el estado de encendido (energizado) de las RRU	
Diagrama de Red Ninguno	
Pre-requisitos <ol style="list-style-type: none">El hardware de las RRUs están instaladas correctamenteLos cables de las RRUs están conectados e instalados correctamenteTodos los switchs de las RRUs deben estar en estado OFF (Apagado).El voltaje de salida del DCDU-03B debe de estar en los siguientes rangos normales: Valor normal : -48 V DC Valores normales permitidos : de -40 V DC a -80 V DC	
Procedimiento	Resultados Esperados
<ol style="list-style-type: none">Poner en estado ON (encendido) los switch de la RRUs. (1) Encender el switch de la DCDU-03B que está conectado a la BBU asegurándose de que el voltaje se encuentra dentro del voltaje permitido.<ul style="list-style-type: none">Revisar si el indicador RUN de las RRUs funciona normalmente.En estado normal el indicador de RUN parpadea a una frecuencia de 2 seg.Si los indicadores del RRU funcionan correctamente vaya registre los resultados.Si los indicadores no funcionan correctamente, probablemente existe alguna falla en las conexiones o hay algún otro tipo de falla, vaya al siguiente paso.Apague los switchs de la BBU, del DCDU-03B y el breaker de la ETP48200.Revise y corrija cualquier falla en el Voltaje de entrada que pueda existir en las conexiones de los elementos del circuito tales como cables, switch, breakers	Las RRUs están encendidas y funcionan normalmente SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Voltaje de entrada de la RRU1: Valor normal: -48VDC Valor medido: _____ VDC	El voltaje se encuentra en el rango permitido SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
Voltaje de entrada de la RRU2: Valor normal: -48VDC Valor medido: _____ VDC	El voltaje se encuentra en el rango permitido SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
Voltaje de entrada de la RRU3: Valor normal: -48VDC Valor medido: _____ VDC	El voltaje se encuentra en el rango permitido SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>



T02 Operación, Mantenimiento y Servicios

T02-02 Gestión de versión de Software

T02-0201 Consulta de la versión de software del Nodo B

Objetivo Verificar la versión y estado de: software, bootrom, parches del Nodo B.		
Diagrama de Red Diagrama de Red para pruebas de aceptación del Nodo B		
Pre-requisitos <ol style="list-style-type: none">El Nodo B funciona normalmente después de que el sistema ha sido comisionado.Se ha ingresado correctamente al Nodo B desde LMTSe tiene información relacionada acerca de: <Nodo B_software_version>, Nodo B_bootrom_version>, <patch_version>.		
Procedimiento		Resultado Esperado
<ol style="list-style-type: none">Consultar el software instalado del Nodo B.<ol style="list-style-type: none">Consultar la versión de software a través del comando: L&T &SOFTWARE;Revisar los resultados y registrar el software en el directorio principal y el stand by(donde aplique).		Muestra la versión de software Principal y si ha sido realizado algún upgrade desplegará la información de Stand by también. El estado de la versión de software del Nodo B a ser mostrada debe ser : "Available"
Área de Almacenamiento	Versión del Software	Estado del Software: "Available"
Principal	V200R01	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Stand By	V200R01	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
<ol style="list-style-type: none">Consultar la versión de software del Nodo B.<ol style="list-style-type: none">Consultar la versión de software a través del comando: L&T VER; * Con versión R13 no se desplegará la información hardware y bootromRevisar los resultados y registrar las versiones de software en cada uno de los ítems.		El estado de la versión de software a ser mostrada debe ser : "Normal"
Item	Versión	Estado: "Normal"
Hardware		SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
Software		
Bootrom		



T03-0201 Consulta de la versión de las Tarjetas

Objetivo: Verificar la versión y estado de software y hardware, bootrom de las tarjetas de la BBU y la RRU's					
Diagrama de Red: Diagrama de Red para pruebas de aceptación del Nodo B					
Pre-requisitos <ol style="list-style-type: none"> El Nodo B funciona normalmente después de que el sistema ha sido comisionado. Se ha ingresado correctamente al Nodo B desde LMT Se tiene información relacionada acerca de: <Nodo B_software_version>, <Nodo B_bootrom_version>, <patch_version>. 					
Procedimiento					Resultado Esperado
<ol style="list-style-type: none"> Consulta de la versión de las tarjetas y/o dispositivo del Nodo B. <ol style="list-style-type: none"> Consultar la versión de las tarjetas a través del comando: D&P BRDVER: CN=0, SRN=<subrack_no>, SN=<slot_no>. Revisar los resultados y registrar las versiones desplegadas en cada una de las tarjetas 					Se muestra la versión de Software, Bootrom , Hardware, de cada una de las tarjetas SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Tarjeta / Dispositivo	Sub-rack Núm.	Slot Núm.	Versión		Resultado: "Success"
EMUA	40	0	Hardware	EMU.8	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
			Software		
			Bootrom		
UTRP	0	0	Hardware	UTRP.PCB:	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
			Software		
			Bootrom		
WBBP	0	3	Hardware	WBBP.PCB:	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
			Software		
			Bootrom		
WMPT	0	7	Hardware	WMPT.PCB:	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
			Software		
			Bootrom		
RRU 1	80	0	Hardware	MRRU.HWEL	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
			Software		
			Bootrom		
RRU 2	81	0	Hardware	MRRU.HWEL	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
			Software		
			Bootrom		
RRU 3	82	0	Hardware	MRRU.HWEL	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
			Software		
			Bootrom		



T03-02 Gestión del Equipo Nodo B

T02-0201 Reinicio del Sistema

Objetivo: Verificar que el Nodo B se reinicia y opera normalmente después de ejecutar comandos MML.	
Diagrama de Red: Diagrama de Red para pruebas de aceptación del Nodo B	
Pre-requisitos <ol style="list-style-type: none"> El Nodo B funciona normalmente después de que el sistema ha sido comisionado. Se ha ingresado correctamente al Nodo B desde LMT y el navegador de la alarmas del Nodo B está ejecutándose. 	
Procedimiento	Resultado Esperado
1. Reinicio del Nodo B a través de la ejecución de comando MML. (1) Ejecute el comando MML RST NODE B; (2) Se desplegará un cuadro de diálogo confirmando esta última acción, hacer click en <OK>. (3) El resultado obtenido indica que el comando fue exitosamente ejecutado.	El Nodo B es reiniciado SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
2. Consulta y Verificación en el navegador de alarmas de que el NE tiene la alarma "NE Shutdown" alarm. (1) Visualizar en el navegador de alarmas la gestión de fallas. (2) Verificar en la ventana de [Event] que el Nodo B tiene la alarma "NE Shutdown".	El sistema reporta la alarma "NE Shutdown". SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
3. Ingresar al Nodo B después de que hayan transcurrido 5 minutos. (1) Siga el procedimiento para el ingreso al sistema. (2) Haga Click en <Login> para ingresar al Nodo B.	Re ingreso a la gestión del Nodo B exitosamente SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>

T03-0201 Reinicio de las RRUs

Objetivo: Verificar que la RRUs pueden ser reiniciada mediante la ejecución de comandos MML.			
Diagrama de Red: Diagrama de Red para pruebas de aceptación del Nodo B			
Pre-requisitos <ol style="list-style-type: none"> El Nodo B funciona normalmente después de que el sistema ha sido comisionado. Se ha ingresado correctamente al Nodo B desde LMT. 			
Procedimiento			Resultado Esperado
1. Reiniciar las RRU (1) Reiniciar las RRUs ejecutando el siguiente comando RST BRD: CN=0, SRN=<subrack_no>, SN=0; (2) Haga Click en <OK> en el cuadro de diálogo desplegado para ejecutar el comando. (3) Los resultados obtenidos indican que las RRUs han sido reiniciadas.			Las RRUs son reiniciadas.
Dispositivo	Sub-rack Number	Slot Number	Resultado
RRU 1	80	0	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
RRU 2	81	0	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
RRU 3	82	0	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>



T04-0201 Bloqueo y desbloqueo de Tarjetas y/o dispositivo del Nodo B.

Objetivo Verificar que el Nodo B permite el bloqueo y desbloqueo de recursos a través de comandos MML aplicados a las tarjetas y/o dispositivos relacionados					
Diagrama de Red Diagrama de distribución de Tarjetas en la BBU y RRU's del Nodo B					
Pre-requisitos 1. El Nodo B funciona normalmente después de que el sistema ha sido comisionado. 2. Se ha ingresado correctamente al Nodo B desde LMT.					
Procedimiento 1. Bloqueo de las tarjeta WBBP y/o RRU. (1) Bloquee las tarjetas y/o dispositivos ejecutando el comando MML: BLK BRD: CN=0, SRN=<subrack_no>, SN=<slot_no>; (2) Haga Click en <OK> en el cuadro de diálogo desplegado para ejecutar el comando. (3) Consulte el estado de las tarjetas del BBU/RRU ejecutando el comando: DSP BRD: CN=0, SRN=<subrack_no>, SN=<slot_no>; (4) El resultado indica que las tarjetas tienen estado "blocked".					Resultado Esperado Las tarjetas a ser bloqueadas hacen que los recursos o servicios estén no disponibles
Tarjeta / Dispositivo	Sub-rack Núm.	Slot Núm.	Stand by Status	Availability Status	Resultado de estado administrativo: "Blocked"
WBBP	0	3			SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
RRU	80	0			SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
RRU	81	0			SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
RRU	82	0			SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
2. Desbloqueo de las tarjeta WBBP y/o RRU. (1) Desbloquee las tarjeta WBBP y/o RRU utilizando el comando UBL BRD: CN=0, SRN=<subrack_no> SN=<slot_no>; (2) Haga Click en <OK> en el cuadro de diálogo desplegado para ejecutar el comando. (3) Consulte el estado de las tarjetas del BBU/RRU ejecutando el comando: DSP BRD: CN=0, SRN=<subrack_no>, SN=<slot_no>; El resultado indica que las tarjetas tienen estado "unlocked".					Las tarjetas a ser desbloqueadas hacen que los recursos o servicios sean restablecidos y estén otra vez disponibles
Tarjeta / Dispositivo	Sub-rack Núm.	Slot Núm.	Stand by Status	Availability Status	Resultado de estado administrativo: "unblocked"
WBBP	0	3			SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
RRU	80	0			SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
RRU	81	0			SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
RRU	82	0			SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>



T05-0201 Bloqueo y desbloqueo de celdas del Nodo B.

Objetivo Verificar que el Nodo B permite el bloqueo y desbloqueo de recursos a través de comandos MML aplicados a las celdas del Nodo B.		
Diagrama de Red Diagrama de Red para pruebas de aceptación del Nodo B		
Pre-requisitos 1. El Nodo B funciona normalmente después de que el sistema ha sido comisionado. 2. Se ha ingresado correctamente al Nodo B desde LMT.		
Procedimiento		Resultado Esperado
1. Bloqueo de las celdas. (1) Bloquee las celdas del Nodo B ejecutando el comando MML: BLK LOCELL: LOCELL=ID_Local_No, PRI=HIGH; (2) Haga Click en <OK> en el cuadro de diálogo desplegado para ejecutar el comando. (3) Consulte el estado de las Celdas ejecutando el comando DSP LOCELL: x; (4) El resultado retornado indica que las celdas locales tienen estado "blocked".		Las celdas del Nodo B bloqueadas hacen que los recursos o servicios estén no disponibles
Local Cell ID (ID_Local_No)	Local Cell Administration Status :	Resultado Local Cell Status: "Local Cell available"
1		SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
2		SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
3		SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
Desbloqueo de las celdas. (5) Bloquee las celdas del Nodo B ejecutando el comando MML: UBL LOCELL: LOCELL=x; (6) Haga Click en <OK> en el cuadro de diálogo desplegado para ejecutar el comando. (7) Consulte el estado de las Celdas ejecutando el comando DSP LOCELL: x; (8) El resultado retornado indica que las celdas locales tienen estado "unlocked".		Las celdas del Nodo B bloqueadas hacen que los recursos o servicios estén no disponibles
Local Cell ID	Local Cell Administration Status :	Resultado Local Cell Status: "Local Cell Available"
1		SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
2		SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
3		SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>



T06-0201 Consulta del estado de los puertos CPRI (módulos ópticos) de la BBU y las RRU

Objetivo Verificar el estado de los puertos CPRI de la BBU y las RRU				
Diagrama de Red Diagrama de Red para pruebas de aceptación del Nodo B Diagrama de distribución de Tarjetas en la BBU y RRU del Nodo B				
Pre-requisitos <ol style="list-style-type: none"> El Nodo B funciona normalmente después de que el sistema ha sido comisionado. Se ha ingresado correctamente al Nodo B desde LMT. El Nodo B es configurado acorde a la topología de red Todas las RRU funcionan normalmente. 				
Procedimiento				Resultado Esperado
1. Revisar el estado de los Módulos Ópticos para las conexiones entre la WBBP y las RRU, WMPT. Revisar el estado de los Módulos Ópticos usando el comando MML DSP CPINFO: CN=0, SRN=<srn_no>, SN; DSP OPTMODULE: CN=0, SRN=<srn_no>, SN;. (Versión R13)				El estado de los módulos ópticos del Nodo B es: "In position"
Tarjeta / Dispositivo	Sub-rack Number	Slot Number	Puerto Óptico	Resultado "In position"
WBBP	0	3	0	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
			1	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
			2	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
			3	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
			4	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
			5	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
RRU	80	0	0	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
			1	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
RRU	81	0	0	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
			1	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
RRU	82	0	0	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
			1	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
WMPT/UTRP	0		0	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
			1	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>



T07-0201 Consulta del estado de reloj del Nodo B

Objetivo Verificar el estado actual del reloj del Nodo B	
Diagrama de Red Diagrama de Red para pruebas de aceptación del Nodo B.	
Pre-requisitos <ol style="list-style-type: none">El Nodo B funciona normalmente después de que el sistema ha sido comisionado.El Nodo B es configurado acorde a la topología de red. Todos los Elementos de Red funcionan correctamenteEl Nodo B tiene configurado como reloj de referencia a la Interface lubSe ha ingresado correctamente al Nodo B desde LMT	
Procedimiento	Resultado Esperado
<ol style="list-style-type: none">Consulta del estado de reloj del Nodo B. Para consultar el estado del reloj ejecute el siguiente comando D&P CLK&STAT; Revise los resultados.	Estado actual de la fuente de reloj: "normal" SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
<ol style="list-style-type: none">Consulta de la fuente de reloj de la Interface lub del Nodo B. Consulte el estado de la fuente de reloj de la Interface lub ejecutando el comando L&T IPCLKLINK (para Nodos donde la transmisión es sobre IP) ; D&P LNK&RC (para Nodos donde la transmisión es sobre E1's) ; Revise y registre los resultados.	Tipo de Puerto E1T1 <input type="checkbox"/> FE <input type="checkbox"/> GE <input type="checkbox"/> Numero de Puerto _____



T04-02 Gestión de la Interface lub del Nodo B

T02-0201 Gestión de la Interface lub en modo IP RAN (Puertos IP)

Objetivo: Verificar el estado y direcciones IP de los puertos configurados en Transmisión con modo IP						
Diagrama de Red Diagrama de Red para pruebas de aceptación del Nodo B						
Pre-requisitos 1. El Nodo B funciona normalmente después de que el sistema ha sido comisionado. 2. Se ha Ingresado correctamente al Nodo B desde LMT. 3. El Nodo B es configurado acorde a la topología de red						
Procedimiento					Resultado Esperado	
1. Verificar el estado de los puertos de Transmisión configurados en Modo IP. Consulte el estado de enlace de Transmisión en E1 ejecutando el comando DSP ETHPORT: CN=0,&RN=0,&N=X; Revise y registre los resultados.					El estado del enlace de Transmisión en modo IP desplegará Physical Layer Status : " UP" o "Down"	
Tarjeta	Sub-rack Number	Slot Number	Port Núm.	Fast Ethernet	Resultado	
WMPT/UTRP	0				Up Down	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
WMPT/UTRP	0				Up Down	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2. Verificar las direcciones IP configuradas en los puertos de Transmisión Fast Ethernet. (1) Consulte las direcciones IP configuradas en el Nodo B ejecutando el comando L&T DEVIP; (2) Revise y registre los resultados.					Direcciones IP configuradas en el puerto FE/GE	
Tarjeta	Sub-rack Number	Slot Number	Port Núm.	Status	Resultado	
WMPT/UTRP	0			Configurada No Configurada	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Dirección IP / Mascara
WMPT/UTRP	0			Configurada No Configurada	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Dirección IP / Mascara



T03-0201 Pruebas de Conectividad para Interface lub en modo IP RAN

Objetivo: Verificar la conectividad de los puertos configurados con Transmisión en modo IP						
Diagrama de Red: Diagrama de Red para pruebas de aceptación del Nodo B						
Pre-requisitos <ol style="list-style-type: none"> El Nodo B funciona normalmente después de que el sistema ha sido comisionado. Se ha ingresado correctamente al Nodo B desde LMT. El Nodo B es configurado acorde a la topología de red. Conocer las direcciones Ips del RNC, M2000, IP Clock. 						
Procedimiento						Resultado Esperado
<ol style="list-style-type: none"> Verificar la conectividad de los puertos configurados con Transmisión con modo IP. <ol style="list-style-type: none"> Para realizar las pruebas de conectividad ejecute el comando PING: \$RNC=0, \$N=X IP="X.X.X.X", \$RGIP="Y.Y.Y.Y", CONTPING=DISABLE; Revise y registre los resultados. 						PING exitoso entre el Nodo B y RNC, IPCLOCK, M2000
Tarjeta	Sub-raok Núm.	Slot Núm.	Port Núm.	IP del Nodo B	RNC	Resultado
WMPT/ UTRP	0			IP de servicio	FG2 RNC	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
				IP de servicio	MPLS GW	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
				IP de gestión	M2000 (O&M)	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
					10.84.44.71	
IP de servicio	IP CLOCK	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>				
	10.41.132.1					



T05-02 Gestión de Parámetros y Alarmas del Sistema Radiante

T02-0201 Consulta del Estado y Configuración de Alarmas del VSWR

Objetivo: Verificar el estado del VSWR del Sistema radiante					
Diagrama de Red: Diagrama de Red para pruebas de aceptación del Nodo B					
Pre-requisitos El Nodo B funciona normalmente después de que el sistema ha sido comisionado. Se ha ingresado correctamente al Nodo B desde LMT. El Nodo B es configurado acorde a la topología de red					
Procedimiento				Resultado Esperado	
1. Verificar el estado del VSWR del sistema radiante por sector. Consulte el estado de enlace de Transmisión en E1 ejecutando el comando D&P VSWR; Revise y registre los resultados.				El VSWR de sistema está dentro del rango normal de 1 a 1.4	
Sector	Sub-rack	Number	Slot	Number	VSWR
1	80		0		
2	81		0		
3	82		0		

T06-02Gestión y Configuración de Alarmas Externas

T02-0201 Configuración y Consulta del Estado de Alarmas Externas

Objetivo: Verificar que las alarmas externas e internas se reflejen en el navegador de las alarmas
Diagrama de Red: Diagrama de Red para pruebas de aceptación del Nodo B
Pre-requisitos El Nodo B funciona normalmente después de que el sistema ha sido comisionado. Se ha ingresado correctamente al Nodo B desde LMT. El Nodo B es configurado acorde a la topología de red



Procedimiento					Resultado Esperado
<p>1. Configurar las alarmas externas.</p> <p>Configure las alarmas externas ejecutando el siguiente comando: SET ALMPORT: CN=0, SRN=40, SN=0, PN=<port_no>, MODE=CUSTOM, PT=BOOL, ALMID=<alarm_IDX>, AVOL=HIGH; donde X es el ID de la alarma mostrada en la tabla Revise y registre los resultados con el comando L&T ALMPORT: CN=0, SRN=0; Para cada sensor ejecute las acciones correspondientes para activarlos y que estos se reflejen en el navegador de alarmas</p>					Las alarmas con su respectivo ID se ve reflejado en el navegador de alarmas del LMT
ID de la Alarma	Sub-rack Núm.	Slot Núm.	Port Núm.	Descripción de la Alarma	Resultado
65100	40	0	0	Falla de Breaker	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
65101	40	0	1	Falla de Rectificador	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
65102	40	0	2	Bajo Voltaje	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
65103	40	0	3	Protección de Baterías	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
65104	40	0	4	Falla de SPD (Power Plant)	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
65105	40	0	5	Falla de AC (Power Plant)	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
65108	40	0	8	Intrusión	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
65109	40	0	9	Falla Red Pública	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
65110	40	0	10	Falla de Supresor Principal	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
65111	40	0	11	Baliza	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
65116	40	0	16	Intrusión Cuarto Generador	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
65117	40	0	17	Sensor de Humo Cuarto Generador	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
65118	40	0	18	Nivel de Combustible	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
65119	40	0	19	Encendido Generador	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
65124	40	0	24	Falla de Intercambiador de Calor (HX-02)	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
65125	40	0	25	Falla de TEC	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
65126	40	0	26	Puerta Abierta	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
25670	40	0	-	Sensor de Agua Mini Shelter	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
25671	40	0	-	Sensor de Humo Mini Shelter	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
25650	40	0	-	Sensor de Temperatura Mini Shelter	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
25651	40	0	-	Sensor de Humedad Mini Shelter	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
65200	0	19	0	Falla en DCDU-03B	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
65201	0	19	1	Falla en DCDU-03C	Ok <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>



T07-02 Test de Servicios

T02-0201 Test de Llamadas de Voz

Objetivo Realizar Test de llamada de voz en el nodo B en servicio y en todos los sectores					
Pre-requisitos <ol style="list-style-type: none"> El Nodo B funciona normalmente después de que el sistema ha sido comisionado. Se dispone de un Terminal (UE1) configurado y registrado en la red 3G con el perfil de servicio necesario. A través del software LMT visualizar los PSC (primary scrambling codes) y la máxima potencia de transmisión por celda configurados. 					
Procedimiento				Resultado Esperado	
<ol style="list-style-type: none"> Ejecutar el comando MML: DSP CELCFG:MODE=ALLCELL; Registrar los valores de logical cell ID, Power y PSC configurados en el nodo B. Con el terminal UE1 registrado y configurado en la red 3G se realiza una llamada de voz a otro terminal a elegir, desde uno de los sectores del nodo B donde se tiene servicio, sin perder conexión verificar el servicio en los otros sectores. <ul style="list-style-type: none"> Verificar en el software del terminal UE1 el ID de la celda lógica de la cual se realizó la llamada. Registrar el resultado obtenido luego de la llamada establecida. 				La Llamada es establecida	
Logical Cell ID	Sector	Max Transmission Power(0.1dBm)	Primary Scrambling Code	Resultado	
	1			Ok <input type="checkbox"/> No Ok <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>	
	2			Ok <input type="checkbox"/> No Ok <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>	
	3			Ok <input type="checkbox"/> No Ok <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>	
Prueba de Llamada en un sector.				Resultado Esperado	
<ol style="list-style-type: none"> El terminal UE1 registrado y configurado en la red 3G (CNT Móvil) realiza una llamada de voz a otro usuario registrado y configurado en la red fija desde uno de los sectores del nodo B donde se tiene servicio. 				Se establece la llamada desde un terminal móvil hacia un terminal fijo	
Servicio	Sector	Cell ID	UE1 Registrado en Red 3G (CNT Móvil)	UE2 Registrado en Red fija CNT (Número)	Resultado
Llamada de voz			3G		Ok <input type="checkbox"/> No Ok <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>



Prueba de llamada en los sectores.			Resultado Esperado
1. El terminal UE1 registrado y configurado en la red 3G, realiza una llamada de voz a otro terminal a elegir, moviéndose alrededor de los sectores del nodo para probar el softhandoff entre los sectores.			La Llamada en curso se mantiene a lo largo del softhandoff entre sectores
Funcionalidad	Del sector	Al sector	Resultado
Softhandoff entre sectores	1	2	Ok <input type="checkbox"/> No Ok <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
Softhandoff entre sectores	2	3	Ok <input type="checkbox"/> No Ok <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>
Softhandoff entre sectores	3	1	Ok <input type="checkbox"/> No Ok <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>

Prueba de SMS					Resultado Esperado
2. El terminal UE1 registrado y configurado en la red 3G (CNT Móvil) envía un mensaje corto de texto al mismo UE1 registrado y configurado en la red 3G de CNT móvil, esto desde uno de los sectores del nodo B donde se tiene servicio.					Se establece el envío y recepción del SMS.
Servicio	Sector	Cell ID	UE1 Registrado en Red 3G (CNT Móvil)	Tiempo de envío	Resultado
SMS			3G		Ok <input type="checkbox"/> No Ok <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>



T03-0201 Pruebas de HSPA+

Objetivo

Realizar la descarga de un archivo de la Web para registrar el throughput máximo y promedio reflejados por software.

Nota: Para lograr alcanzar un buen valor de throughput se deberá cumplir con los siguientes factores:

- Distancia a la estación no mayor a 200m.
- Contar con un buen nivel de señal recibida.(RSSI)

Pre-requisitos

1. El Nodo B funciona normalmente después de que el sistema ha sido comisionado.
2. Se debe utilizar un Modem que soporte HSPA+ para visualizar la descarga en un computador, o a su vez se podrá realizar las pruebas de conectividad desde un terminal UE1.

Procedimiento		Resultado Esperado		
<p>3 Sobre el terminal UE1 registrado ó a su vez desde el computador con acceso a la red 3G se deberá realizar una descarga de un archivo de la WEB.</p> <p>Con la ayuda de algún software con medición de troughput y con acceso a cualquiera de los sectores del nodo B comenzar las pruebas de datos.</p> <p>4 Registrar los valores picos y promedio reflejados junto con la hora de descarga del archivo.</p>		La descarga del archivo inicia.		
Servicio	Hora	UE1 Throughput Valor Pico	UE1 Throughput Valor Promedio	Resultado
Sesión de datos	_____ : _____			OK <input type="checkbox"/> No OK <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES:				

* Nota: No se podrá alcanzar el máximo throughput en HSPA+ debido a que no se tiene configurado los 15 códigos por sector y adicional el nodo B se encuentra con tráfico comercial. De tal manera que el throughput promedio podrá llegar a un valor máximo de 4Mbps aproximadamente.

ANEXO B.- DATASHEET ANTENA HUAWEI AGISSON A19451811

DX-1710-2200-65-18i-M

Model: A19451811



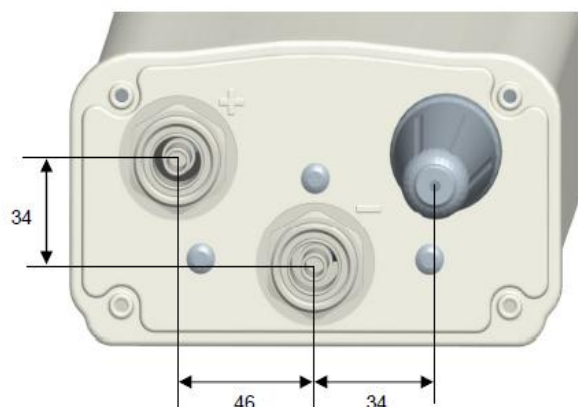
Electrical Properties												
Frequency range (MHz)	1710 - 2200											
	1710 - 1880			1850 - 1990			1920 - 2170			2170 - 2200		
Polarization	+45°, -45°											
Electrical downtilt (°)	0 - 10 , continuously adjustable											
Gain (dBi)	0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°
	17.2	17.6	17.4	17.7	18.0	17.7	18.0	18.1	17.9	18.0	18.2	17.9
Side lobe suppression for first side lobe above main beam (Typ.) (dB)	0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°
	20	16	18	20	20	18	18	17	16	18	18	16
Horizontal 3dB beam width (°)	67			64			61			60		
Vertical 3dB beam width (°)	7.5			7.0			6.7			6.2		
VSWR	< 1.5											
Isolation between ports (dB)	≥ 30											
Front to back ratio, copolar (dB)	Typ. 30											
Cross polar ratio (dB)	0°	Typ. 22										
	± 60°	Typ. 10										
Max. power per input (W)	300 (at 50℃ ambient temperature)											
Intermodulation IM3 (dBc)	≤ -153 (2 x 43 dBm carrier)											
Squint (°)	Avg. 1.2											
Tracking (dB)	Avg. 1.2 (within 10dB HBW)											
Impedance (Ω)	50											
Grounding	DC Ground											

Mechanical Properties	
Antenna dimensions (H x W x D) (mm)	1311 x 155 x 89
Packing dimensions (H x W x D) (mm)	1635 x 195 x 160
Antenna weight (kg)	6.2
Clamps weight (kg)	2.0 (2 units)
Antenna packing weight (kg)	11.2 (Included clamps)
Mast diameter supported (mm)	38 - 115
Radome material	Fiberglass
Radome colour	Light grey
Operational temperature (°C)	-55 .. +65
Wind load (N)	Frontal: 315 (at 150 km/h) Lateral: 155 (at 150 km/h) Rear side: 360 (at 150 km/h)
Max. operational wind speed (km/h)	150
Survival wind speed (km/h)	200
Connector	2 x 7/16 DIN Female
Connector position	Bottom

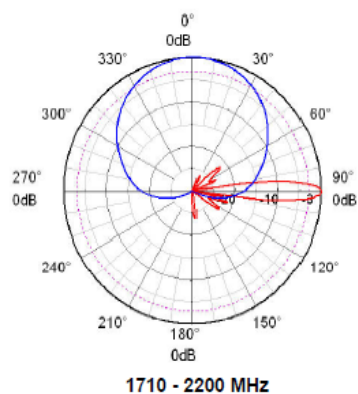
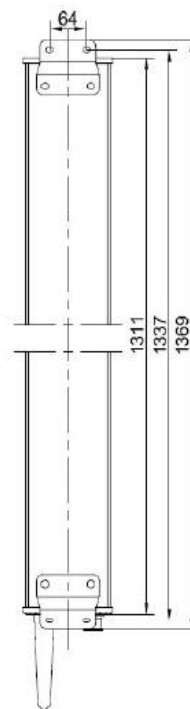
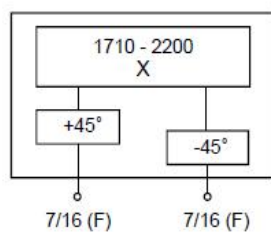
Accessories

Item	Model	Description	Weight	Units per antenna
Downtilt kit	ASMDT0A01	Mechanical downtilt: 0 - 12 °	0.6 kg	1 (Separate packing)





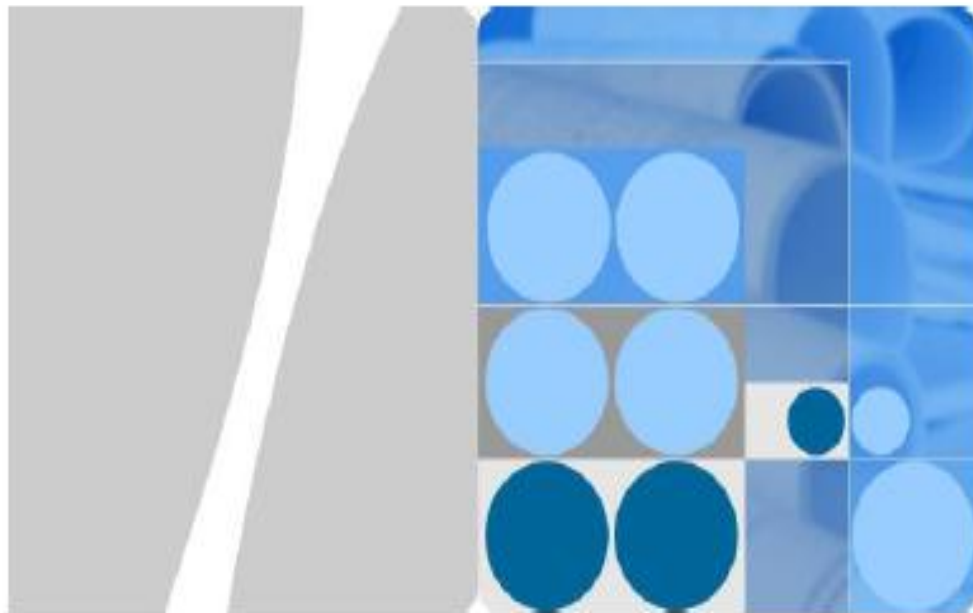
Unit: mm



NOTE

Extraordinary operating conditions, such as heavy icing or storm wind, may result in the breakage of an antenna. These facts must be considered during the site planning process.

The installation team must be properly qualified and also be familiar with the relevant national safety regulations.



BBU3900 Description

Issue	01
Date	2012-07-30

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.



Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2012. All rights reserved.

No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means without prior written consent of Huawei Technologies Co., Ltd.

Trademarks and Permissions



and other Huawei trademarks are trademarks of Huawei Technologies Co., Ltd.

All other trademarks and trade names mentioned in this document are the property of their respective holders.

Notice

The purchased products, services and features are stipulated by the contract made between Huawei and the customer. All or part of the products, services and features described in this document may not be within the purchase scope or the usage scope. Unless otherwise specified in the contract, all statements, information, and recommendations in this document are provided "AS IS" without warranties, guarantees or representations of any kind, either express or implied.

The information in this document is subject to change without notice. Every effort has been made in the preparation of this document to ensure accuracy of the contents, but all statements, information, and recommendations in this document do not constitute the warranty of any kind, express or implied.

Huawei Technologies Co., Ltd.

Address: Huawei Industrial Base
Bantian, Longgang
Shenzhen 518129
People's Republic of China

Website: <http://www.huawei.com>

Email: support@huawei.com

Contents

About This Document.....	4
1 Overview.....	5
1.1 BBU3900 Functions.....	5
1.2 Exterior of the BBU3900.....	5
1.3 BBU3900 Boards.....	6
1.3.1 LMPT.....	6
1.3.2 UMPT.....	7
1.3.3 LBBP.....	9
1.3.4 UTRP.....	10
1.3.5 USCU.....	11
1.3.6 UELP.....	13
1.3.7 UFLP.....	13
1.3.8 UPEU.....	14
1.3.9 UEIU.....	15
1.3.10 FAN.....	16
1.4 BBU3900 Board Configuration.....	18
2 Technical Specifications.....	19
2.1 Capacity.....	19
2.2 Transmission Ports.....	19
2.3 Input Power.....	20
2.4 Physical Specifications.....	20
2.5 Environmental Specifications.....	20
3 Acronyms and Abbreviations.....	22

About This Document

Overview

This document describes the network position, product architecture and characteristics, and related technical specifications of the BBU3900, helps users learn the basic information about the BBU3900.

Intended Audience

This document is intended for:

- Huawei technical support
- System engineers
- Network planning engineers

Change History

Updates between document issues are cumulative. Therefore, the latest document issue contains all updates made in previous issues.

Issue 01 (2012-07-30)

This is the first commercial release.

1 Overview

1.1 BBU3900 Functions

A BBU3900 is a baseband unit that performs the following functions:

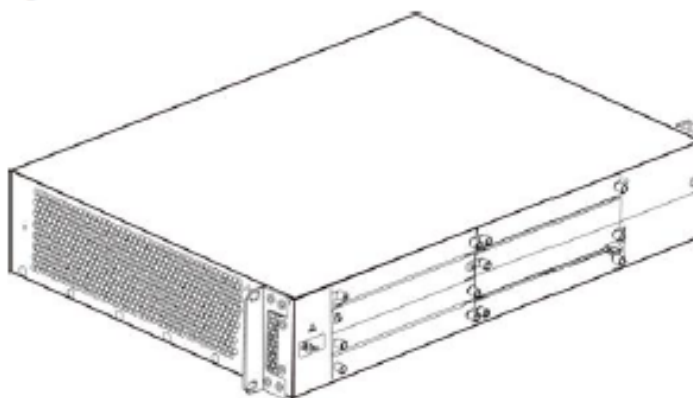
- Provides S1 ports for communication between an E-UTRAN NodeB (eNodeB) and an MME/S-GW, and X2 ports for communication between eNodeBs. E-UTRAN is short for evolved universal terrestrial radio access network.
- Provides common public radio interface (CPRI) ports for communication with RRUs and processes uplink and downlink baseband signals. RRU is short for remote radio unit.
- Manages the eNodeB through operation and maintenance (OM) and signaling message processing.
- Provides an OM channel to the local maintenance terminal (LMT) or M2000. iManager M2000 (M2000). The M2000 is an integrated OM system designed by Huawei.
- Provides clock ports for clock synchronization, alarm monitoring ports for environment monitoring, and a Universal Serial Bus (USB) port for commissioning using a USB flash drive. The security of the USB port is ensured by encryption.

1.2 Exterior of the BBU3900

The BBU3900 is a case measuring 19 inch wide and 2 U high. It can be installed indoors, such as an office building or residence, or be installed in a cabinet with surge protection in an outdoor place, such as a basement, balcony, corridor, or garage.

Figure 1-1 shows the exterior of the BBU3900.

Figure 1-1 BBU3900



1.3 BBU3900 Boards

The following boards can be installed in the BBU3900:

- LMPT and UMPT
- LBBP
- UTRP
- USCU
- UELP and UFLP
- UPEU
- UEIU
- FAN

1.3.1 LMPT

LMPT is short for Long Term Evolution (LTE) main processing and transmission unit.

Panel

Figure 1-2 shows the panel of the LMPT.

Figure 1-2 LMPT panel



Functions

An LMPT performs the following functions:

- Controls and manages the eNodeB configuration, devices, performance, and radio resources, and processes the eNodeB signaling.
- Provides clock reference, transmission ports, and the maintenance link connecting to the operation and maintenance center (OMC). The OMC can be the LMT or M2000 client.

Ports

Table 1-1 describes the ports on the LMPT.

Table 1-1 Ports on the LMPT

Label	Connector	Number of Ports	Description
SFP0 and SFP1	LC	2	FE/GE optical ports
FE/GE0 and FE/GE1	RJ45	2	FE/GE electrical ports
USB	USB	1	Software loading port The security of the USB port is ensured by encryption.
TST	USB	1	Testing port The TST port is used for commissioning the base station rather than importing or exporting the base station configuration.
ETH	RJ45	1	Local maintenance port
GPS	SMA	1	Global Positioning System (GPS) antenna port
RST	N/A	1	Hardware reset button

1.3.2 UMPT

UMPT is short for universal main processing and transmission unit.

Panel

Figure 1-3 shows the panel of the UMPT.

[illegible]

A UMPT performs the following functions:

- Performs OM functions, including configuration management, equipment management, performance monitoring, signaling processing, and active/standby switchover.
- Provides clock reference, transmission ports, and the maintenance link connecting to the OMC. The OMC can be the LMT or M2000 client.
- Provides the IDX1 channel through which low rate user plane data and control or maintenance signals of each board in the baseband unit (BBU) are transmitted to the target port.

Table 1-2 describes the ports on the UMPT.

Label	Connector	Number of Ports	Description
FE/GE0	RJ45	1	FE/GE electrical port
FE/GE1	SFP	1	FE/GE optical port
USB	USB	1	Software loading and Ethernet commissioning port 1. The security of the USB port is ensured by encryption. 2. When the USB port functions as a commissioning Ethernet port, ensure that an OM port has been opened and the user has obtained required authorities for accessing the base station through the OM port before accessing the base station through the USB port.
CLK	USB	1	Transmits Remote Global Positioning System (RGPS) or time of day (TOD) clock signals and information about serial ports
E1/T1	DB26 female	1	Transmits and receives four links of E1/T1 signals

Label	Connector	Number of Ports	Description
GPS	SMA	1	GPS antenna port
S0	SFP	1	Reserved

1.3.3 LBBP

LBBP is short for LTE baseband processing unit. The types of LBBPs are LBBPc, LBBPd1, and LBBPd2.

Panel

Figure 1-4 shows the panel of the LBBPc.

Figure 1-4 LBBPc panel



Figure 1-5 shows the panel of the LBBPd1.

Figure 1-5 LBBPd1 panel



NOTE

The LBBPd1, and LBBPd2 have silkscreens LBBPd1, and LBBPd2 indicating their board types on the lower left corner of the board panel, respectively.

Functions

An LBBP performs the following functions:

- Provides CPRI ports for communication with radio frequency (RF) modules.
- Processes uplink and downlink baseband signals.

Ports

Table 1-3 shows the ports on the LBBPc.

Table 1-3 Ports on the LBBPc

Label	Connector	Number of Ports	Description
CPR10 to CPR15	SFP, female	6	Data transmission ports that connect to RF modules. These ports support electrical and optical signal input and output.

Table 1-4 shows the ports on the LBBPd1 and LBBPd2.

Table 1-4 Ports on the LBBPd1 and LBBPd2

Label	Connector	Number of Ports	Description
CPR10 to CPR15	SFP, female	6	Data transmission ports that connect to RF modules. These ports support electrical and optical signal input and output.
HEI	QSFP	1	Reserved.

1.3.4 UTRP

The UTRP is short for universal transmission processing unit. The types of UTRPs are UTRP4 and UTRPc.

Panel

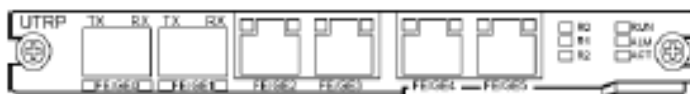
Figure 1-6 shows the panel of the UTRP4.

Figure 1-6 UTRP4 panel



Figure 1-7 shows the panel of the UTRPc.

Figure 1-7 UTRPc panel



Functions

- The UTRP4 is supported in eRAN1.1 and later versions. It provides two DB26 ports and transmits eight links of E1/T1 signals.
- The UTRPc is supported in eRAN3.0 and later versions. It provides four FE/GE electrical ports and two FE/GE optical ports.

Ports

Table 1-5 shows the ports on the UTRP4.

Table 1-5 Ports on the UTRP4

Label	Connector	Number of Ports	Description
E1/T1 (0 to 3)	DB26	1	Transmits and receives one to three links of E1/T1 signals
E1/T1 (4 to 7)	DB26	1	Transmits and receives four to seven links of E1/T1 signals

Table 1-6 shows the ports on the UTRPc.

Table 1-6 Ports on the UTRPc

Label	Connector	Number of Ports	Description
FE/GE0 to FE/GE3	RJ45	4	FE/GE electrical ports
FE/GE0 and FE/GE1	SFP	2	FE/GE optical ports

1.3.5 USCU

The USCU is short for universal satellite card and clock unit. The types of USCUs are USCUB0, USCUB1, and USCUB2.

Panel

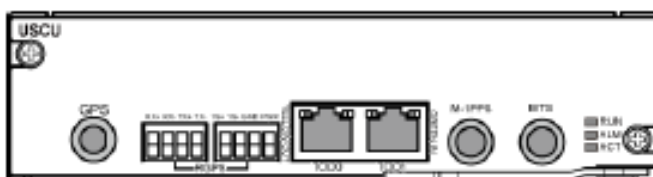
Figure 1-8 shows the panel of the USCUB0/USCUB1.

Figure 1-8 USCUB0/USCUB1 panel



Figure 1-9 shows the panel of the USCUB2

Figure 1-9 USCUB2 panel



Functions

A USCUB provides ports for communication with the external RGPS, Metro1000, and building integrated timing supply (BITS) device, and for TOD signal input.

In addition, the functions of the USCUB1 and USCUB2 are as follows:

- The USCUB1, which is configured with a built-in satellite card, obtains clock signals from the GPS for clock synchronization and obtains accurate clock signals from the transport network.
- The USCUB2 obtains GPS, Global Navigation Satellite System (GLONASS), or COMPASS clock signals.
- The USCUB0 does not have a satellite card.

Ports

The USCUB0, USCUB1, and USCUB2 all provide the same ports as described in Table 1-7.

Table 1-7 Ports on the USCUB0/USCUB1/USCUB2

Label	Connector	Number of Ports	Description
GPS	SMA coaxial	1	Receives GPS signals
RGPS	PCB welded wiring terminal	1	Receives RGPS signals
TOD0	RJ45	1	Receives or transmits 1PPS+TOD signals
TOD1	RJ45	1	Receives or transmits 1PPS+TOD signals, and receives TOD signals from the Metro1000.
M-1PPS	SMA coaxial	1	Receives 1PPS signals from the Metro1000
BITS	SMA coaxial	1	Receives BITS clock signals, and supports adaptive input of 2.048 MHz and 10 MHz reference clocks

1.3.6 UELP

The UELP is short for universal E1/T1 lightning protection unit.

Panel

Figure 1-10 shows the panel of the UELP.

Figure 1-10 UELP panel



Functions

One UELP provides surge protection for four links of E1/T1 signals.

Ports

Table 1-8 shows the ports on the UELP.

Table 1-8 Ports on the UELP

Label	Connector	Number of Ports	Description
INSIDE	DB25	1	Connects to an eNodeB transmission board
OUTSIDE	DB26	1	Connects to an external transmission device

1.3.7 UFLP

The UFLP is short for universal FE lightning protection unit.

Panel

Figure 1-11 shows the panel of the UFLPb.

Figure 1-11 UFLPb panel



Functions

One UFLP provides surge protection for two links of FE/GE signals.

Ports

Table 1-9 shows the ports on the UFLPb.

Table 1-9 Ports on the UFLPb

Label		Connector	Number of Ports	Description
INSIDE	FE/GE0 and FE/GE1	RJ45	2	Connects to an eNodeB transmission board
OUTSIDE	FE/GE 0 and FE/GE1	RJ45	2	Connects to an external transmission device

1.3.8 UPEU

The UPEU is short for universal power and environment interface unit. The types of UPEUs are UPEUa and UPEUc.

Panel

Figure 1-12 shows the panel of the UPEUa.

Figure 1-12 UPEUa panel

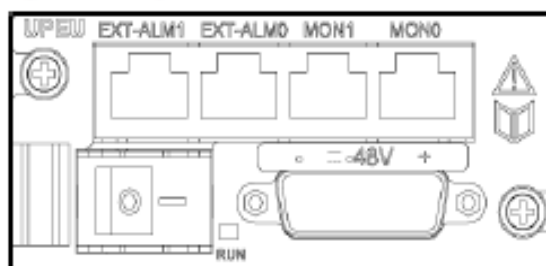
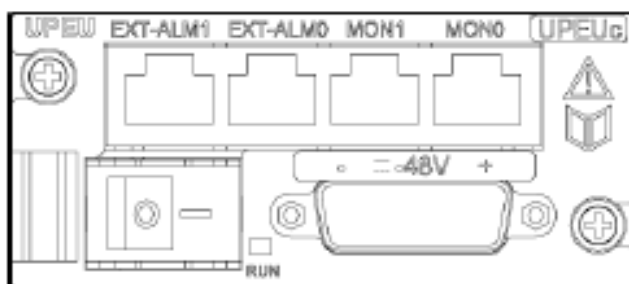


Figure 1-13 shows the panel of the UPEUc.

Figure 1-13 UPEUc panel



Functions

The UPEUa and UPEUc perform the following functions:

- The UPEUa converts -48 V DC input power into +12 V DC and provides an output power of 300 W.
- The UPEUc converts -48 V DC input power into +12 V DC. One UPEUc provides an output power of 360 W, and two UPEUc boards provide a combined output power of 650 W.
- Both the UPEUa and the UPEUc support two links of RS485 signals and eight links of Boolean signals.

Ports

The UPEUa and UPEUc both provide the same ports as described in Table 1-10.

Table 1-10 Ports on the UPEUa or UPEUc

Label	Connector	Number of Ports	Description
-48V	3V3	1	Provides -48 V DC power input
EXT-ALM0	RJ45	1	Receives Boolean signal inputs 0 to 3
EXT-ALM1	RJ45	1	Receives Boolean signal inputs 4 to 7
MON0	RJ45	1	Receives RS485 signal input 0
MON1	RJ45	1	Receives RS485 signal input 1

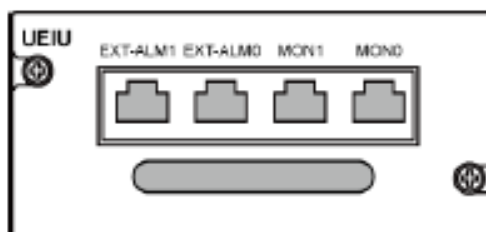
1.3.9 UEIU

The UEIU is short for universal environment interface unit. It transmits information reported by the environment monitoring device and alarm information to the main control board.

Panel

Figure 1-14 shows the panel of the UEIU.

Figure 1-14 UEIU panel



Functions

A UEIU performs the following functions:

- Provides two links of RS485 signals.
- Provides eight links of Boolean signals.
- Transmits information reported by the environment monitoring device and alarm information to the main control board.

Ports

Table 1-11 shows the ports on the UEIU.

Table 1-11 Ports on the UEIU

Label	Connector	Number of Ports	Description
EXT-ALM0	RJ45	1	Receives Boolean signal inputs 0 to 3
EXT-ALM1	RJ45	1	Receives Boolean signal inputs 4 to 7
MON0	RJ45	1	Receives RS485 signal input 0
MON1	RJ45	1	Receives RS485 signal input 1

1.3.10 FAN

The FAN is the fan unit of the BBU3900. The types of fan units are FAN and FANc.

Panel

Figure 1-15 shows the panel of the FAN.

Figure 1-15 FAN panel

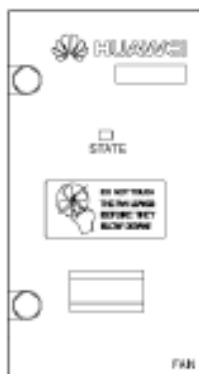
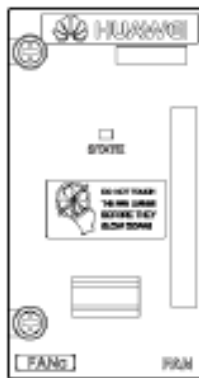


Figure 1-16 shows the panel of the FANc.

Figure 1-16 FANc panel



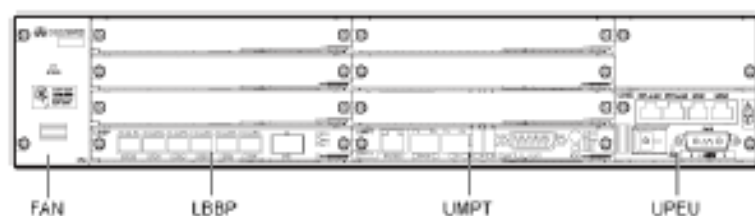
Functions

The FAN dissipates heat from the BBU3900. It monitors the inlet temperature, controls the rotation speed of the fans, and reports the status of the fans to the LMPT or UMPT in the BBU3900.

1.4 BBU3900 Board Configuration

Figure 1-17 shows the typical configuration of the BBU3900.

Figure 1-17 Typical configuration of the BBU3900



2 Technical Specifications

2.1 Capacity

Table 2-1 Capacity

Item	Specifications
Maximum number of cells	4T4R beamforming: 18 cells with a bandwidth of 10 MHz or 20 MHz for each cell 4 x 2 MIMO: 18 cells with a bandwidth of 5 MHz or 10 MHz or 20 MHz for each cell 2 x 2 MIMO: 18 cells with a bandwidth of 5 MHz or 10 MHz or 20 MHz for each cell
Maximum throughput per cell with the 20 MHz bandwidth	Downlink data rate at the Media Access Control (MAC) layer: 130 Mbit/s (4 x 2 MIMO and 2 x 2 MIMO)
Maximum throughput per eNodeB	Sum of uplink and downlink data rates at the MAC layer: 1500 Mbit/s
Maximum number of UEs in RRC_CONNECTED mode in an eNodeB	10,800
Data radio bearer (DRB)	Eight DRBs per user equipment (UE)

2.2 Transmission Ports

Table 2-2 Transmission ports

Board	Specifications
LMPT	Two FE/GE electrical ports, two FE/GE optical ports, or one FE/GE optical port + one FE/GE electrical port

Board	Specifications
UMPT	One FE/GE electrical port, one FE/GE optical port, and one DB26 port transmitting four links of E1/T1 signals
UTRP4	Two DB26 port transmitting a total of eight links of E1/T1 signals
UTRPc	Four FE/GE electrical ports and two FE/GE optical ports

2.3 Input Power

Table 2-3 Input power

Item	Specifications
Input power	-48 V DC (voltage range: -38.4V DC to -57V DC)

2.4 Physical Specifications

Table 2-4 Physical specifications

Item	Specifications
Dimensions (height x width x depth)	86 mm x 442 mm x 310 mm (3.46 in. x 17.40 in. x 12.20 in.)
Weight	≤ 12 kg (26.46 lb) (in full configuration)

2.5 Environmental Specifications

Table 2-5 Environmental specifications

Item	Specifications
Working temperature	-20°C to +50°C (-4°F to +122°F) (long term) +50°C to +55°C (122°F to 131°F) (short term)
Relative humidity	5% RH to 95% RH
Ingress Protection (IP) rating	IP20



RRU3908 V2

V100

Hardware Description

Issue 02
Date 2010-10-25

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.



Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2010. All rights reserved.

No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means without prior written consent of Huawei Technologies Co., Ltd.

Trademarks and Permissions



and other Huawei trademarks are trademarks of Huawei Technologies Co., Ltd.

All other trademarks and trade names mentioned in this document are the property of their respective holders.

Notice

The purchased products, services and features are stipulated by the contract made between Huawei and the customer. All or part of the products, services and features described in this document may not be within the purchase scope or the usage scope. Unless otherwise specified in the contract, all statements, information, and recommendations in this document are provided "AS IS" without warranties, guarantees or representations of any kind, either express or implied.

The information in this document is subject to change without notice. Every effort has been made in the preparation of this document to ensure accuracy of the contents, but all statements, information, and recommendations in this document do not constitute the warranty of any kind, express or implied.

Huawei Technologies Co., Ltd.

Address: Huawei Industrial Base
Bantian, Longgang
Shenzhen 518129
People's Republic of China

Website: <http://www.huawei.com>

Email: support@huawei.com

About This Document

Purpose

This document describes the exterior, panels, LEDs, and cables of the RRU3908 V2.

Product Version

The following table lists the product versions related to this document.

Product Name	Product Version
RRU3908 V2 (hereinafter referred to as RRU3908)	SRAN V100R002
	SRAN V100R003
	eRAN V100R002C00

Intended Audience

This document is intended for:

- BTS installation engineers
- Site maintenance engineers
- System engineer

Organization

1 Changes in the RRU3908 V2 Hardware Description

This chapter describes the changes in the *RRU3908 V2 Hardware Description*.

2 Introduction to the RRU3908

The RRU is the outdoor remote radio unit.

3 RRU Cables

The RRU cables consist of the PGND cable, power cable, CPRI optical cable, RRU RF cable, alarm cable, AISG multi-wire cable, and AISG extension cable.






4 Auxiliary Devices of the RRU

The auxiliary devices of the RRU consist of the AC power surge protection box, Indoor Floor installation Support (IFS06), and Outdoor Cable Conversion Box (OCB).

Conventions

Symbol Conventions

The symbols that may be found in this document are defined as follows.

Symbol	Description
 DANGER	Indicates a hazard with a high level of risk, which if not avoided, will result in death or serious injury.
 WARNING	Indicates a hazard with a medium or low level of risk, which if not avoided, could result in minor or moderate injury.
 CAUTION	Indicates a potentially hazardous situation, which if not avoided, could result in equipment damage, data loss, performance degradation, or unexpected results.
 TIP	Indicates a tip that may help you solve a problem or save time.
 NOTE	Provides additional information to emphasize or supplement important points of the main text.

General Conventions

The general conventions that may be found in this document are defined as follows.

Convention	Description
Times New Roman	Normal paragraphs are in Times New Roman.
Boldface	Names of files, directories, folders, and users are in boldface. For example, log in as user root.
<i>Italic</i>	Book titles are in <i>italics</i> .
Courier New	Examples of information displayed on the screen are in Courier New.

Command Conventions

The command conventions that may be found in this document are defined as follows.

Convention	Description
Boldface	The keywords of a command line are in boldface.
<i>Italic</i>	Command arguments are in <i>italics</i> .
[]	Items (keywords or arguments) in brackets [] are optional.
{ x y ... }	Optional items are grouped in braces and separated by vertical bars. One item is selected.
[x y ...]	Optional items are grouped in brackets and separated by vertical bars. One item is selected or no item is selected.
{ x y ... }*	Optional items are grouped in braces and separated by vertical bars. A minimum of one item or a maximum of all items can be selected.
[x y ...]*	Optional items are grouped in brackets and separated by vertical bars. Several items or no item can be selected.

GUI Conventions

The GUI conventions that may be found in this document are defined as follows.

Convention	Description
Boldface	Buttons, menus, parameters, tabs, window, and dialog titles are in boldface. For example, click OK.
>	Multi-level menus are in boldface and separated by the ">" signs. For example, choose File > Create > Folder.

Keyboard Operations

The keyboard operations that may be found in this document are defined as follows.

Format	Description
Key	Press the key. For example, press Enter and press Tab.
Key 1+Key 2	Press the keys concurrently. For example, pressing Ctrl+Alt+A means the three keys should be pressed concurrently.
Key 1, Key 2	Press the keys in turn. For example, pressing Alt, A means the two keys should be pressed in turn.

Mouse Operations

The mouse operations that may be found in this document are defined as follows.

Contents

About This Document.....	iii
1 Changes in the RRU3908 V2 Hardware Description.....	1-1
2 Introduction to the RRU3908.....	2-1
2.1 Physical Exterior.....	2-2
2.2 Panels of the RRU.....	2-3
2.3 LEDs on the RRU.....	2-6
3 RRU Cables.....	3-1
3.1 RRU3908 Cable List.....	3-3
3.2 RRU PGND Cable.....	3-4
3.3 Power Cable for the DC RRU.....	3-5
3.4 AC Power Cable for the AC RRU.....	3-6
3.5 Monitoring Signal Cable for the AC RRU.....	3-8
3.6 CPRI Optical Cable.....	3-9
3.7 Alarm Cable for the DC RRU.....	3-11
3.8 RF Jumper for the RRU.....	3-13
3.9 Interconnect Jumper for the RRU.....	3-13
3.10 AISG Multi-Wire Cable for the RRU.....	3-14
3.11 AISG Extension Cable for the RRU.....	3-15
4 Auxiliary Devices of the RRU.....	4-1
4.1 AC Power Surge Protection Box.....	4-2
4.2 IFS06.....	4-3
4.3 OCB.....	4-5

Figures

Figure 2-1 DC RRU.....	2-2
Figure 2-2 AC RRU.....	2-3
Figure 2-3 Panels of the DC RRU.....	2-4
Figure 2-4 Panels of the AC RRU.....	2-5
Figure 3-1 PGND cable.....	3-5
Figure 3-2 2-hole OT terminal.....	3-5
Figure 3-3 Power cable for the DC RRU.....	3-5
Figure 3-4 Power cable between the AC RRU and the external power equipment.....	3-6
Figure 3-5 Power cable between the AC RRU and the AC surge protection box.....	3-7
Figure 3-6 Power cable between the AC surge protection box and the external power equipment.....	3-7
Figure 3-7 Monitoring signal cable of the AC RRU.....	3-9
Figure 3-8 Multi-mode optical cable.....	3-10
Figure 3-9 Single-mode optical cable.....	3-10
Figure 3-10 Alarm cable.....	3-12
Figure 3-11 RF jumper.....	3-13
Figure 3-12 Interconnect jumper.....	3-13
Figure 3-13 AISG multi-wire cable.....	3-14
Figure 3-14 AISG extension cable.....	3-15
Figure 4-1 AC power surge protection box.....	4-2
Figure 4-2 IFS06.....	4-4
Figure 4-3 Structure of the IFS06.....	4-5
Figure 4-4 The application scenario of the OCB.....	4-6

Tables

Table 2-1 Ports, buttons, and LEDs on the panels of the RRU module.....	2-5
Table 2-2 LEDs on the RRU.....	2-6
Table 3-1 RRU3908 cables.....	3-3
Table 3-2 Pin assignment for the wires of the power cable (North American standard).....	3-6
Table 3-3 Pin assignment for the wires of the power cable (European standard).....	3-6
Table 3-4 Pin assignment for the wires of the AC power cable between the AC RRU and the external power equipment.....	3-7
Table 3-5 Pin assignment for the wires of the AC power cable between the AC RRU and the AC surge protection box.....	3-8
Table 3-6 Pin Assignment for the wires of the power cable between the AC surge protection box and the power supply device.....	3-8
Table 3-7 Pin assignment for the wires of the monitoring power cable (North American standard).....	3-9
Table 3-8 Pin assignment for the wires of the monitoring power cable (European standard).....	3-9
Table 3-9 Labels and recommended connections for the branch cables of the multi-mode optical cable between the BBU and RRU.....	3-11
Table 3-10 Labels and recommended connections for the branch cables of the multi-mode optical cable between RRUs.....	3-11
Table 3-11 Labels and recommended connections for the branch cables of the single-mode optical cable and recommended connections.....	3-11
Table 3-12 Pin assignment for the wires of the RRU alarm cable.....	3-12
Table 3-13 Pin assignment for the wires of the AISG multi-wire cable.....	3-14
Table 3-14 Pin assignment for the wires of the AISG extension cable.....	3-16
Table 4-1 Specifications of the AC power surge protection box.....	4-2
Table 4-2 Ports on the AC power surge protection box.....	4-3
Table 4-3 Specifications of the IFS06.....	4-5

1 Changes in the RRU3908 V2 Hardware Description

This chapter describes the changes in the *RRU3908 V2 Hardware Description*.

02 (2010-10-25)

This is the commercial release.

Compared with issue 01 (2010-05-20), this issue does not add any information.

Compared with issue 01 (2010-05-20), this issue incorporates the following changes:

Topic	Change Description
3.7 Alarm Cable for the DC RRU	The description on the pins of the RRU alarm cable is optimized.

Compared with issue 01 (2010-05-20), this issue does not remove any information.

01 (2010-05-20)

This is the draft release.

2 Introduction to the RRU3908

About This Chapter

The RRU is the outdoor remote radio unit.

The RRU3908 performs the following functions:

- Receives downlink baseband data from the BBU and transmits uplink baseband data to the BBU for communication between the RRU and the BBU.
- Receives the RF signals from the antenna system, down-converts the RX signals to Intermediate Frequency (IF) signals, perform amplification, and analog-to-digital (A/D) conversion. The TX channel performs shape filtering of the downlink signals, digital-to-analog(D/A) conversion, and up-conversion of RF signals to transmit band.
- Multiplexes RX and TX signals to enable these signals to share the same antenna path, and filters RX and TX signals.

2.1 Physical Exterior

The RRU has a modular structure. The external ports of the RRU are located at the bottom and in the cabling cavity of the RRU.

2.2 Panels of the RRU

The RRU module has a bottom panel, a cabling cavity panel, and an area attached with LEDs.

2.3 LEDs on the RRU

The six LEDs on the RRU are used to display the running status of the RRU.

2.1 Physical Exterior

The RRU has a modular structure. The external ports of the RRU are located at the bottom and in the cabling cavity of the RRU.

Figure 2-1 shows the DC RRU.

Figure 2-1 DC RRU

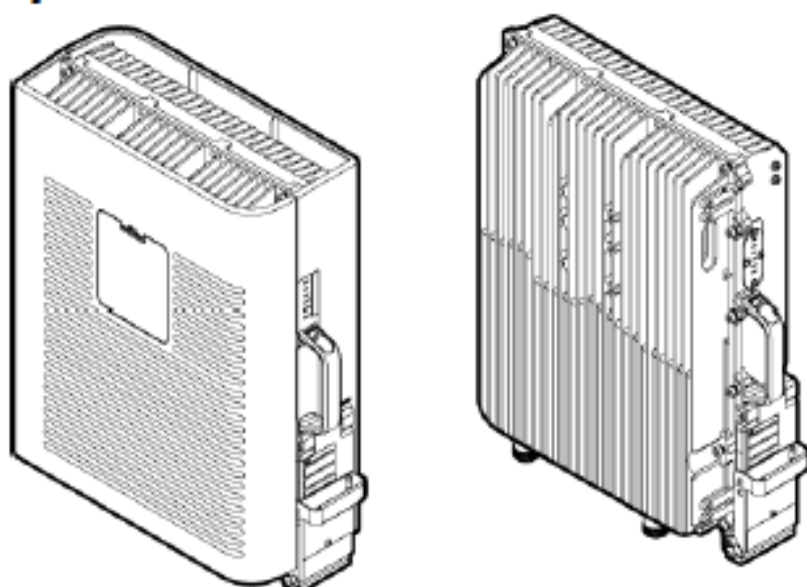
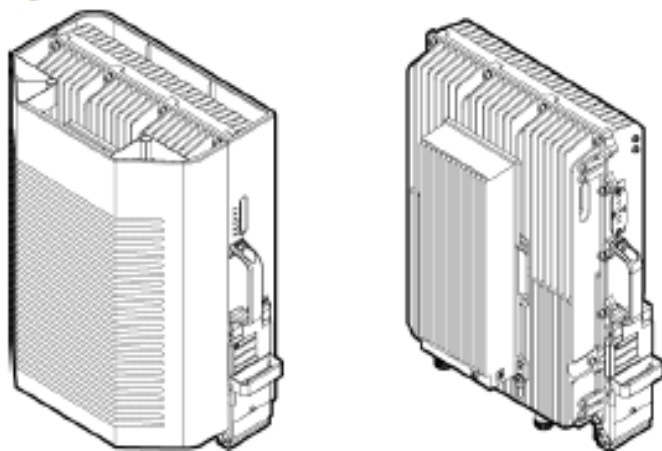


Figure 2-2 shows the AC RRU.

Figure 2-2 AC RRU



2.2 Panels of the RRU

The RRU module has a bottom panel, a cabling cavity panel, and an area attached with LEDs.

Figure 2-3 shows the panels of the DC RRU.

Figure 2-3 Panels of the DC RRU

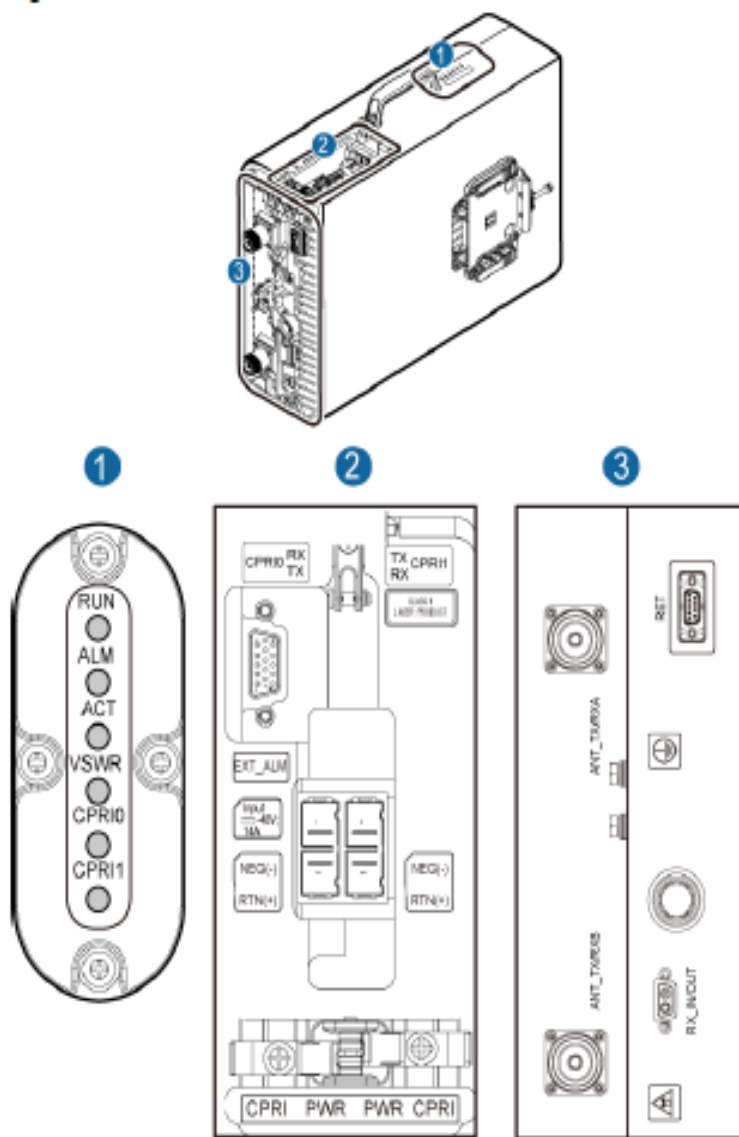


Figure 2-4 shows the panels of the AC RRU.

Figure 2-4 Panels of the AC RRU

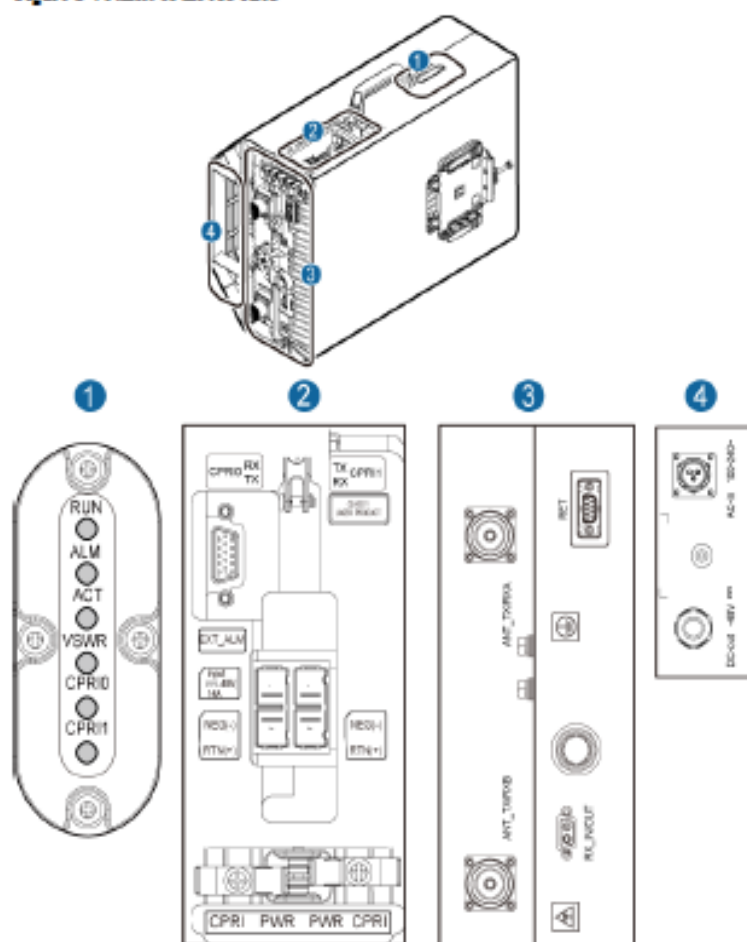


Table 2-1 describes the LEDs, cabling cavity panel, and bottom panel of the RRU.

Table 2-1 Ports, buttons, and LEDs on the panels of the RRU module

Item	Label	Description
(1) LEDs	RUN	Refer to 2.3 LEDs on the RRU.
	ALM	

Item	Label	Description
	ACT	
	VSWR	
	CPRI0	
	CPRI1	
(2) Cabling cavity panel	RTN(+)0	Power supply port
	NEG(-)0	
	RTN(+)1	Cascaded power supply port
	NEG(-)1	
	RX TX CPRI0	Optical/electrical port 0
	TX RX CPRI1	Optical/electrical port 1
	EXT_ALM	Alarm port
(3) Bottom panel of the RRU	RX_IN/OUT	RF interconnection port
	RET	RET antenna port
	ANT_TX/RXA	RF TX/RX port A
	ANT_TX/RXB	RF TX/RX port B
(4) Bottom panel of AC conversion module	AC-in	AC power supply socket
	DC-out	DC power supply socket

2.3 LEDs on the RRU

The six LEDs on the RRU are used to display the running status of the RRU.

For details on the positions of the LEDs on the panel of the RRU, see [2.2 Panels of the RRU](#).

[Table 2-2](#) describes the LEDs on the RRU.

Table 2-2 LEDs on the RRU

LED	Color	Status	Description
RUN	Green	On	There is power supply, but the board is faulty.
		Off	There is no power supply, or the board is faulty.
		Blinking (on for 1s and off for 1s)	The board is running properly.

LED	Color	Status	Description
		Blinking (on for 0.125s and off for 0.125s)	Data is being loaded to the board, or the board is not started.
ALM	Red	On	Alarms are generated, and the module needs to be replaced.
		Blinking (on for 1s and off for 1s)	Alarms are reported. The alarms may be caused by the faults of other related boards or ports. Therefore, whether the module needs to be replaced cannot be decided.
		Off	No alarm is generated.
ACT	Green	On	The board works properly with the TX channel enabled.
		Blinking (on for 1s and off for 1s)	The board works properly with the TX channel disabled.
VSWR	Red	Off	No VSWR alarm is generated.
		On	A VSWR alarm is generated on the ANT_TX/RXB port.
		Blinking (on for 1s and off for 1s)	A VSWR alarm is generated on the ANT_TX/RXA port.
		Blinking (on for 0.125s and off for 0.125s)	A VSWR-related alarm is generated on both the ANT_TX/RXA port and the ANT_TX/RXB port.
CPRI0	Red/ Green	Steady green	The CPRI link is functional.
		Steady red	The optical module fails to receive signals.
		Blinking red (on for 1s and off for 1s)	The CPRI link is out of lock.
		Off	The SFP module is not in position or the optical module is powered off.
CPRI1	Red/ Green	Steady green	The CPRI link is functional.
		Steady red	The optical module fails to receive signals.
		Blinking red (on for 1s and off for 1s)	The CPRI link is out of lock.
		Off	The SFP module is not in position or the optical module is powered off.

3 RRU Cables

About This Chapter

The RRU cables consist of the PGND cable, power cable, CPRI optical cable, RRU RF cable, alarm cable, AISG multi-wire cable, and AISG extension cable.

3.1 RRU3908 Cable List

The RRU3908 cables are the PGND cable, power cable, CPRI optical cable, RF jumper, interconnection jumper, alarm cable, AISG multi-wire cable, and AISG extension cable.

3.2 RRU PGND Cable

The PGND cable ensures the grounding of the RRU.

3.3 Power Cable for the DC RRU

The RRU power cable is the -48 V DC shielded power cable, which is used to feed the -48 V DC power into the RRU.

3.4 AC Power Cable for the AC RRU

The AC power cable feeds AC power from external equipment to the AC RRU.

3.5 Monitoring Signal Cable for the AC RRU

The monitoring signal cable for the AC RRU feeds power to the AC RRU and monitors the running status of the RRU.

3.6 CPRI Optical Cable

The CPRI optical cable transmits CPRI signals between the BBU and the RRU or between RRUs.

3.7 Alarm Cable for the DC RRU

The alarm cable for the RRU is a shielded straight-through cable. The cable transmits alarm signals from the external equipment to the DC RRU and monitors the external equipment.

3.8 RF Jumper for the RRU

The 1/2-inch RF jumper is used for the RRU. It transmits and receives RF signals between the RRU and antenna.

3.9 Interconnect Jumper for the RRU

The interconnect jumper for the RRU connects the RX_IN/OUT ports of two RRUs, and transmits the RF signals between the RRUs in the same cell.

3.10 AISG Multi-Wire Cable for the RRU

3.1 RRU3908 Cable List

The RRU3908 cables are the PGND cable, power cable, CPRI optical cable, RF jumper, interconnection jumper, alarm cable, AISG multi-wire cable, and AISG extension cable.

Table 3-1 lists the cables.

Table 3-1 RRU3908 cables

Cable Name	One End		The Other End	
	Connector	Installation Position	Connector	Installation Position
3.2 RRU PGND Cable	OT terminal (M6, 16 mm ²)	Ground terminal on the RRU	OT terminal (M6, 16 mm ²)	AC surge protection box
			OT terminal corresponding to the PGND bar on site	Ground terminal on the PGND bar
3.3 Power Cable for the DC RRU	Easy power receptacle (pressfit type) connector	NEG(-)0 and RTN (+)0 ports on the RRU	Bare wire	Power equipment
3.4 AC Power Cable for the AC RRU	3-pin round-shaped connector	AC-in port on the AC/DC conversion module of the AC RRU	OT terminal	AC surge protection box
			Bare wire	Power equipment
3.5 Monitoring Signal Cable for the AC RRU	DB15 connector	EXT_ALM port on the RRU	-	DC-out port on the AC/DC conversion module of the AC RRU
3.6 CPRI Optical Cable	DLC connector	TX and RX ports in the CPRI0 port on the RRU	DLC connector	CPRI port on the BBU

Cable Name	One End		The Other End	
	Connector	Installation Position	Connector	Installation Position
3.8 RF Jumper for the RRU	DIN male type connector	ANT_TX/RXA or ANT_TX/RXB port on the RRU	DIN male type connector	Antenna system
3.9 Interconnect Jumper for the RRU	DB2W2 connector	RX_IN/OUT port on the RRU	DB2W2 connector	RX_IN/OUT port on the RRU
3.7 Alarm Cable for the DC RRU	DB15 connector	EXT_ALM port on the RRU	Cord and terminal	External alarm equipment
3.10 AISG Multi-Wire Cable for the RRU	DB9 waterproof connector	RET port on the RRU	Standard AISG female connector	Standard AISG male connector on the RCU or on the AISG extension cable
3.11 AISG Extension Cable for the RRU	Standard AISG male connector	Standard AISG male connector on the RCU	Standard AISG female connector	Standard AISG female connector on the AISG multi-wire cable

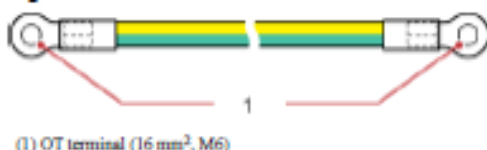
3.2 RRU PGND Cable

The PGND cable ensures the grounding of the RRU.

Exterior

The PGND cable is green and yellow and has a cross-sectional area of 16 mm². Both ends of the cable are OT terminals. If the PGND cable is to be prepared by the customer, the copper-core cable with a cross-sectional area of 16 mm² is recommended. Figure 3-1 shows the PGND cable.

Figure 3-1 PGND cable



(1) OT terminal (16 mm², M6)

NOTE

- When an AC surge protection box is used, a PGND cable connects the surge protection box and the ground bar of the RRU to achieve the equipotential connection between the AC surge protection box and the RRU. The other PGND cable connects the surge protection box and a ground bar to ensure the reliable grounding of the AC surge protection box.
- One end of the PGND cable that is connected to the RRU or AC surge protection box has an M6 OT terminal, and the other end needs to be assembled with an OT terminal depending on the external ground bar on site.

OT terminals need to be added on site. You can determine the color of the cable and whether to use 2-hole terminals according to local standards.

Figure 3-2 shows the 2-hole OT terminal.

Figure 3-2 2-hole OT terminal



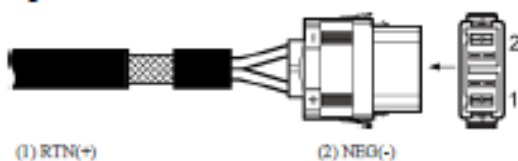
3.3 Power Cable for the DC RRU

The RRU power cable is the -48 V DC shielded power cable, which is used to feed the -48 V DC power into the RRU.

Exterior

The power cable has an easy power receptacle (press-fit type) connector at one end and bare wires at the other end, which must be added with a corresponding terminal based on the external power equipment, as shown in Figure 3-3.

Figure 3-3 Power cable for the DC RRU



(1) RTN(+)

(2) NEG(-)

Pin Assignment

The DC RRU power cable is a 2-wire cable. [Table 3-2](#) and [Table 3-3](#) describe the pin assignment for the wires of the power cable.

Table 3-2 Pin assignment for the wires of the power cable (North American standard)

Wire Type	Color
NEG(-)	Blue
RTN(+)	Black

Table 3-3 Pin assignment for the wires of the power cable (European standard)

Wire Type	Color
NEG(-)	Blue
RTN(+)	Brown

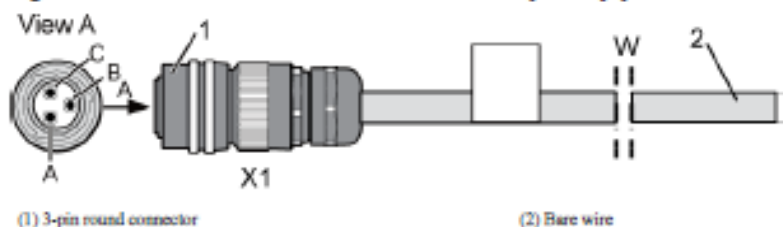
3.4 AC Power Cable for the AC RRU

The AC power cable feeds AC power from external equipment to the AC RRU.

Exterior

[Figure 3-4](#) shows the power cable between the AC RRU and the external power equipment when the AC surge protection box is not configured.

Figure 3-4 Power cable between the AC RRU and the external power equipment



[Figure 3-5](#) shows the power cable between the AC RRU and the AC surge protection box.

Figure 3-5 Power cable between the AC RRU and the AC surge protection box

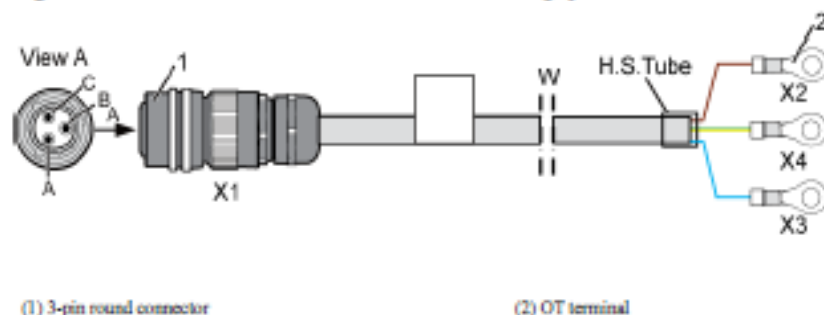
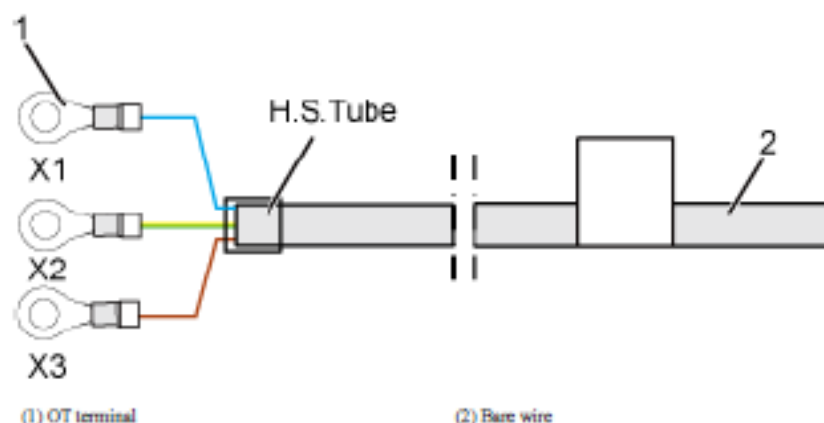


Figure 3-6 shows the power cable between the AC surge protection box and the external power equipment.

Figure 3-6 Power cable between the AC surge protection box and the external power equipment



Pin Assignment

Table 3-4 describes the pin assignment for the power cable between the AC RRU and the external power equipment.

Table 3-4 Pin assignment for the wires of the AC power cable between the AC RRU and the external power equipment

One End (AC RRU)	The Other End (Power equipment)	Color	Description
X1.A	Bare wire	Brown	L

One End (AC RRU)	The Other End (Power equipment)	Color	Description
X1.C		Blue	N
X1.B		Green and yellow	PE

Table 3-5 describes the pin assignment for the power cable between the AC RRU and the AC surge protection box.

Table 3-5 Pin assignment for the wires of the AC power cable between the AC RRU and the AC surge protection box

One End (AC RRU)	The Other End (AC surge protection box)	Color	Description
X1.A	X2	Brown	L
X1.C	X3	Blue	N
X1.B	X4	Green and yellow	PE

Table 3-6 describes the pin assignment for the power cable between the AC surge protection box and the power equipment.

Table 3-6 Pin Assignment for the wires of the power cable between the AC surge protection box and the power supply device

One End (AC surge protection box)	The Other End (Power equipment)	Color	Description
X3	Bare wire	Brown	L
X1		Blue	N
X2		Green and yellow	PE

3.5 Monitoring Signal Cable for the AC RRU

The monitoring signal cable for the AC RRU feeds power to the AC RRU and monitors the running status of the RRU.

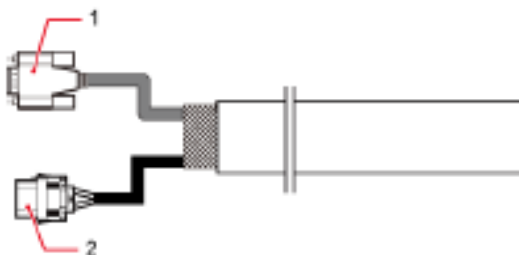
NOTE

The monitoring signal cable for the RRU is connected to the RRU before delivery.

Exterior

The monitoring signal cable for the AC RRU has an easy power receptacle (pressfit type) connector and a DB15 connector at one end connected to the AC RRU, as shown in Figure 3-7. The other end of the monitoring signal cable is connected to the DC-out port on the AC/DC conversion module before delivery.

Figure 3-7 Monitoring signal cable of the AC RRU



(1) DB15 connector

(2) Easy power receptacle (pressfit type) connector

Pin Assignment

Table 3-7 and Table 3-8 describe the pin assignment for the wires of the monitoring power cable.

Table 3-7 Pin assignment for the wires of the monitoring power cable (North American standard)

Wire Type	Color
NEG(-)	Blue
RTN(+)	Black

Table 3-8 Pin assignment for the wires of the monitoring power cable (European standard)

Wire Type	Color
NEG(-)	Blue
RTN(+)	Brown

3.6 CPRI Optical Cable

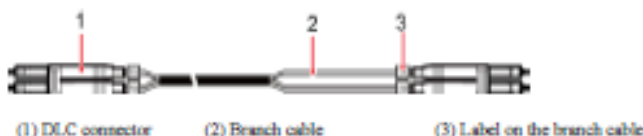
The CPRI optical cable transmits CPRI signals between the BBU and the RRU or between RRUs.

Exterior

The CPRI optical cable is categorized into the multi-mode optical cable and single-mode optical cable. When the distance between the BBU and the RRU is shorter than 100 m, a multi-mode optical cable is required. When the distance between the BBU and the RRU is longer than 100 m, a single-mode optical cable is required. A single-mode optical cable connects the BBU to the ODF and the ODF to the RRU to transmit CPRI signals.

A multi-mode optical cable is a multi-mode cable with a DLC connector at each end. Figure 3-8 shows the multi-mode optical cable.

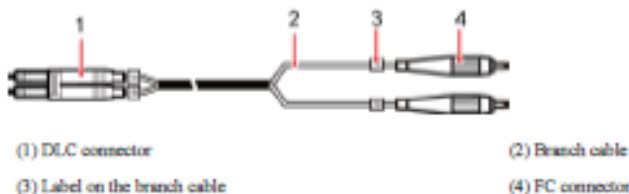
Figure 3-8 Multi-mode optical cable



When a multi-mode optical cable is used for connection between the BBU and RRU, the branch cables on the BBU side and RRU side are 0.34 m and 0.03 m long respectively. When a multi-mode optical cable is used for connection between RRUs, the branch cables on both RRU sides are 0.03 m long.

A single-mode optical cable has a DLC connector at one end and two FC connectors at the other end, as shown in Figure 3-9.

Figure 3-9 Single-mode optical cable



When a single-mode optical cable is used for connection between the BBU and the ODF, the branch cables on the BBU side and ODF side are 0.34 m and 0.8 m long respectively.

When a single-mode optical cable is used for connection between the ODF and RRU, the branch cables on the BBU side and ODF side are 0.03 m and 0.8 m long respectively.

NOTE

The CPRI optical cable must be connected to the optical module in the CPRI port on the BBU or RRU. The multi-mode optical cable and single-mode optical cable are used for the multi-mode optical module and single-mode optical module respectively.

Pin Assignment

Table 3-9, Table 3-10, and Table 3-11 describe the labels and recommended connections for the branch cables of the CRPI optical cable.

Table 3-9 Labels and recommended connections for the branch cables of the multi-mode optical cable between the BBU and RRU

Label	Color	Installation Position
1A	Orange	CPRI RX port on the RRU
1B	Gray	CPRI TX port on the RRU
2A	Orange	TX port on the BBU
2B	Gray	RX port on the BBU

Table 3-10 Labels and recommended connections for the branch cables of the multi-mode optical cable between RRUs

Label	Color	Installation Position
1A	Orange	CPRI RX port on the RRU 1
1B	Gray	CPRI TX port on the RRU 1
2A	Orange	CPRI TX port on the RRU 0
2B	Gray	CPRI RX port on the RRU 0

Table 3-11 Labels and recommended connections for the branch cables of the single-mode optical cable and recommended connections

Label	Color	Installation Position
1A	Yellow	RX port on the BBU or CPRI RX port on the RRU
1B	Blue	TX port on the BBU or CPRI TX port on the RRU
2A	Yellow	ODF
2B	Blue	ODF

3.7 Alarm Cable for the DC RRU

The alarm cable for the RRU is a shielded straight-through cable. The cable transmits alarm signals from the external equipment to the DC RRU and monitors the external equipment.

Exterior

The alarm cable has a DB15 connector at one end and eight cord-end terminals at the other end. Figure 3-10 shows the alarm cable.

Figure 3-10 Alarm cable



Pin Assignment

Table 3-12 describes the pin assignment for the wires of the alarm cable.

Table 3-12 Pin assignment for the wires of the RRU alarm cable

RRU Alarm Port	Pin of the DB15 Connector	Wire Color	Wire Type	Cord End Terminal	Description
Dry contact	X1.2	White/blue	Twisted pair	X2	SWITCH_INPUT0+
	X1.3	Blue		X3	SWITCH_INPUT0-(GND)
	X1.6	White/orange	Twisted pair	X4	SWITCH_INPUT1+
	X1.7	Orange		X5	SWITCH_INPUT1-(GND)
RS485	X1.10	White/green	Twisted pair	X6	APM RX-
	X1.11	Green		X7	APM RX+
	X1.13	White/brown	Twisted pair	X8	APM TX-
	X1.14	Brown		X9	APM TX+

3.8 RF Jumper for the RRU

The 1/2-inch RF jumper is used for the RRU. It transmits and receives RF signals between the RRU and antenna.

Exterior

NOTE

- When the distance between the RRU and the antenna is within 14 m, one end of the RF jumper is connected to the ANT port at the bottom of the RRU, and the other end is connected to the antenna.
- When the distance between the RRU and the antenna exceeds 14 m, the RF jumper is connected to the feeder prior to the RRU and antenna. If the RF jumper is provided by the customer, the length of the RF jumper should not exceed 2 m.

The RF jumper has a DIN male connector on one end and a connector made based on field requirements on the other end. Figure 3-11 shows the RF jumper where both ends are DIN male connectors.

Figure 3-11 RF jumper



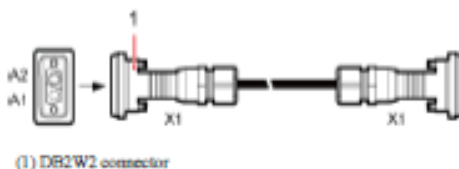
3.9 Interconnect Jumper for the RRU

The interconnect jumper for the RRU connects the RX_IN/OUT ports of two RRUs, and transmits the RF signals between the RRUs in the same cell.

Exterior

The interconnect jumper has a DB2W2 connector on each end. Figure 3-12 shows the interconnect jumper.

Figure 3-12 Interconnect jumper



3.10 AISG Multi-Wire Cable for the RRU

The AISG multi-wire cable is 5 m long. It is connected to the RRU and Remote Control Unit (RCU) to transfer control signals from the base station to the RET antenna.

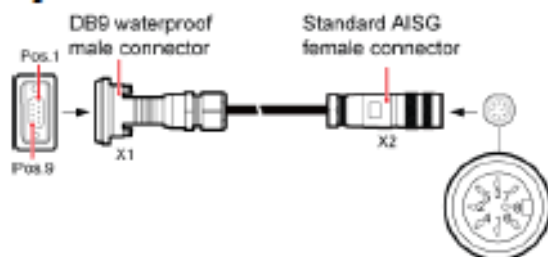
NOTE

The RCU is a driving motor used for the phase shifter in the RET antenna. It receives the control commands from the base station and executes the commands to drive the step motor, which drives the phase shifter in the antenna through the gearing to adjust the tilt angle of the antenna.

Exterior

The AISG multi-wire cable has a DB9 waterproof connector at one end and an AISG standard female connector at the other end, as shown in Figure 3-13.

Figure 3-13 AISG multi-wire cable



Pin Assignment

Table 3-13 describes the pin assignment for the wires of the AISG multi-wire cable.

Table 3-13 Pin assignment for the wires of the AISG multi-wire cable

X1 End (Pin of the DB9 Waterproof Connector)	X2 End (Pin of the Standard AISG Female Connector)	Wire Color	Wire Type	Pin Assignment
X1.1	X2.1	White and blue blue	Twisted pair	+12V
X1.3	X2.3	White and orange	Twisted pair	RS485 B
X1.5	X2.5	orange		RS485 A
X1.4	X2.4	White and green	-	RS485 GND

X1 End (Pin of the DB9 Waterproof Connector)	X2 End (Pin of the Standard AISG Female Connector)	Wire Color	Wire Type	Pin Assignment
X1.9 is connected to X1.4.	-	-	-	-
-	X2.1 is connected to X2.6.	-	-	-
-	X2.4 is connected to X2.7.	-	-	-

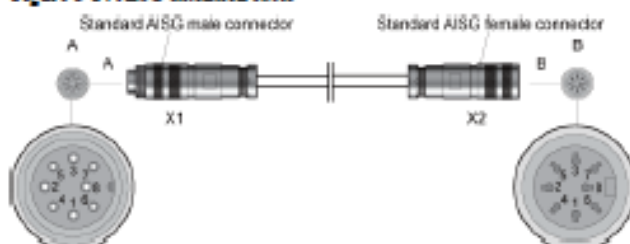
3.11 AISG Extension Cable for the RRU

When the distance between the RRU and the RCU is more than 5 m, an AISG multi-wire cable is not long enough to connect the RRU and RCU. In this case, the AISG extension cable is used to extend the AISG multi-wire cable for transmitting RS485 signals.

Exterior

The AISG extension cable has a standard AISG male connector on one end and a standard AISG female connector on the other end, as shown in Figure 3-14.

Figure 3-14 AISG extension cable



Pin Assignment

Table 3-14 describes the pin assignment for the wires of the AISG extension cable.

Table 3-14 Pin assignment for the wires of the AISG extension cable

X1 End (Pin of the Standard AISG Male Connector)	X2 End (Pin of the Standard AISG Female Connector)	Color	Wire Type	Core Description
X1.1	X2.1	White and blue	Twisted pair	+12 V
		Blue		
X1.7	X2.7	White and orange	Twisted pair	DC Return A
		Orange		
X1.3	X2.3	White and green	Twisted pair	RS485 B
X1.5	X2.5	Green		RS485 A
X1.6	X2.6	White and brown	Twisted pair	+24 V
		Brown		

4 Auxiliary Devices of the RRU

About This Chapter

The auxiliary devices of the RRU consist of the AC power surge protection box, Indoor Floor installation Support (IFS06), and Outdoor Cable Conversion Box (OCB).

4.1 AC Power Surge Protection Box

The AC power surge protection box is used to provide surge protection for AC power.

4.2 IFS06

The Indoor Floor installation Support (IFS06) is used for installing RRU indoors.

4.3 OCB

The Outdoor Cable Conversion Box (OCB) interconnects cables of different core diameters. The power cables shipped with the RRU cannot support long-distance power transfer. Therefore, when the power supply is far from the equipment, the OCB can be used to connect the power cable of the RRU and a cable with a large core diameter, which can transfer power for a long distance.

4.1 AC Power Surge Protection Box

The AC power surge protection box is used to provide surge protection for AC power.

Exterior

Figure 4-1 shows the AC power surge protection box.

Figure 4-1 AC power surge protection box



Specifications

Table 4-1 describes the specifications of the AC power surge protection box.

Table 4-1 Specifications of the AC power surge protection box

Item	Description
Height (mm) x Width (mm) x Depth (mm)	240 x 140 x 75
Installation mode	Supports installation on the pole, on the wall, and assembled installation
Surge protection class	Differential mode/common mode (60 kA): 8/20 us

Ports

Table 4-2 describes the ports on the AC power surge protection box.

Table 4-2 Ports on the AC power surge protection box

Item	Label	Description
(a) Bottom panel	IN	Port for AC power input
	OUT	Port for output of the protection power cable
(b) Side panel	-	Port for connection to the external ground cable
	-	Port for the ground cable of the RRU
(c) Cabling cavity panel	Nout	Wiring post for the power cable
	Nin	
	Lout	
	Lin	

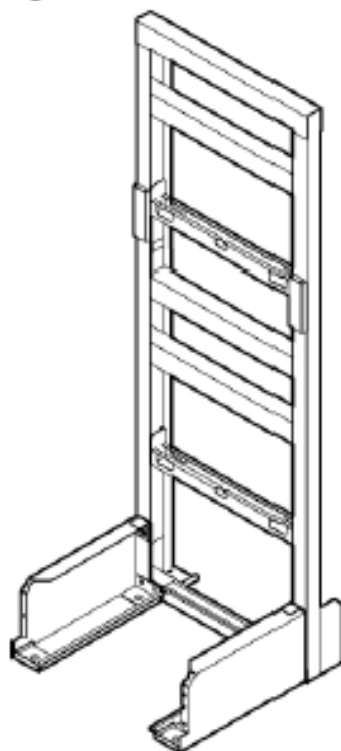
4.2 IFS06

The Indoor Floor installation Support (IFS06) is used for installing RRUs indoors.

Exterior

Figure 4-2 shows the IFS06.

Figure 4-2 IFS06



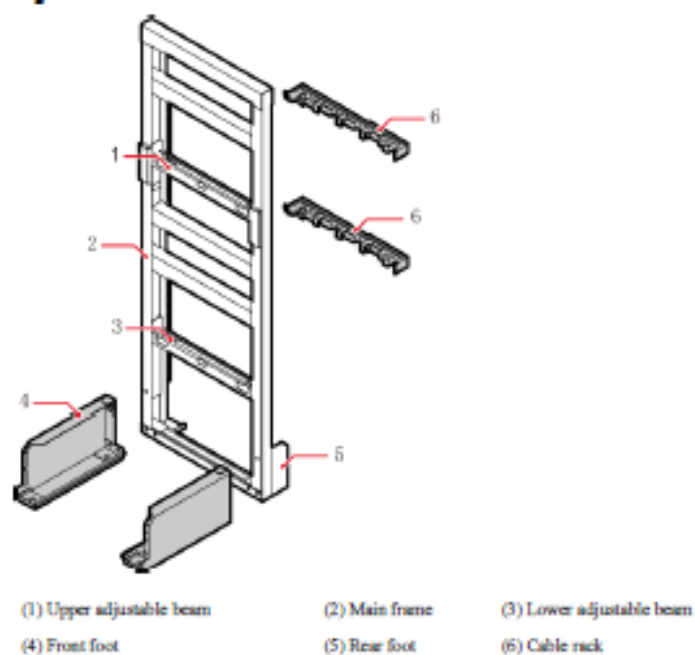
Function

- It can be installed on the floor.
- It supports installation of six RRU's.
- The upper and lower adjustable beams on the IFS06 can be moved up and down to fit for the height of the RRU's.

Structure

The IFS06 consists of the main frame, cable rack, upper and lower adjustable beams, and front and rear feet, as shown in [Figure 4-3](#).

Figure 4-3 Structure of the IFS06



Specifications

Table 4-3 lists the specifications of the IFS06.

Table 4-3 Specifications of the IFS06

Item	Specification
Dimensions	1730 mm x 600 mm x 600 mm (height x width x depth)
Weight	45 kg

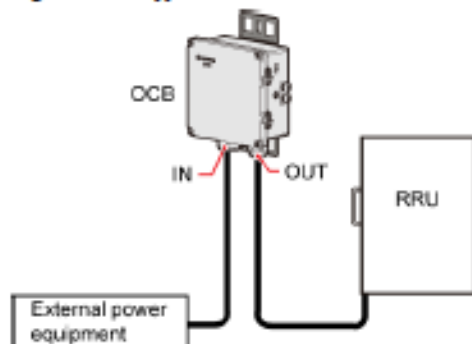
4.3 OCB

The Outdoor Cable Conversion Box (OCB) interconnects cables of different core diameters. The power cables shipped with the RRU cannot support long-distance power transfer. Therefore, when the power supply is far from the equipment, the OCB can be used to connect the power cable of the RRU and a cable with a large core diameter, which can transfer power for a long distance.

Application Scenario

The application scenario of the OCB is shown in [Figure 4-4](#).

Figure 4-4 The application scenario of the OCB



For details about the structure, functions, installation, and maintenance of the OCB, see the *OCB User Guide*.

Embedded DC Power System

ETP48200-C5B4, ETP48200-C5B5



Introduction

ETP48200-C5B4/C5B5 is an AC/DC embedded power system with excellent performance such as high power efficiency, intelligent battery management, remote management, wide range of AC input voltage, etc. The system can configure 4 pieces of 1U 50A high rectifier modules, and provides 200A rated current output. ETP48200-C5B4 and ETP48200-C5B5 can be embedded in 19-inch rack or cabinet.



ETP48200-C5B4

Features

- 1U rectifier: high density(42.7W/inch³), high efficiency(>96%), excellent high temperature performance(fully output below 55℃), hotswappable
- Wide operation temperature range of embedded power from -40℃ to 65℃
- Hotswappable rectifiers provide easy installation and maintenance
- Standard installation structure design, adapt to various scenarios
- Compact design(only 5U in height), saving space and installation cost
- Excellent rectifier dormancy function helps increase system efficiency
- Intelligent battery management and protection help to prolong battery lifespan
- Support environmental signal monitoring and remote management through dry contact, serial interface or Ethernet interface



ETP48200-C5B5



50A rectifier



Controller

Application Scenarios

- Wireless base station
- Transmission network
- Communication network of enterprises

Specifications

	Type	ETP48200-C384	ETP48200-C385
System	Dimension	482.6mm(W) × 330mm(D) × 5U(3)	
	Weight	≤20kg (without rectifier)	
	Cooling mode	Natural cooling	
	Installation mode	Installed on 19-inch rack or inside the cabinet	
	Cabling mode	Top inlet and top outlet	
	Maintenance mode	Front maintenance, support module grade change	
	Protection level	IP20	
AC Distribution	Input mode	220/380VAC three-phase or 220VAC single phase	110VAC dual line or 220VAC single phase
	Input capacity	1 × 63A/2P	1 × 100A/2P
	Output capacity	1 × 20A/1P	1 × 32A/2P
	Input frequency	45–66Hz, rated value: 50Hz/60Hz	
	SPD	20kA/50kA, 8/20μs	
DC Distribution	Output voltage	–42–58VDC, rated value: –52.5VDC	
	Maximum capacity	12kW	
	Battery breaker	2 × 125A/1P	
	Load breaker	LLVD: 2 × 80A/1P, 3 × 32A/1P BLVD: 1 × 63A/1P, 3 × 32A/1P, 1 × 16A/1P	LLVD: 2 × 80A/1P, 3 × 32A/1P BLVD: 1 × 63A/1P, 2 × 32A/1P, 1 × 16A/1P
	SPD	10kA/20kA, 8/20μs	
Rectifier	Input voltage	85VAC–300VAC, rated 220VAC	
	Efficiency	≥90%	
	Rated power	3000W(175–300VAC)	
	Working temperature	–40℃–+75℃ (fully output below 55℃)	
	Dimension	105mm(W) × 261mm(D) × 40.8mm(1U/8)	
	Weight	≤2kg	
	Cooling mode	Forced cooling	
	Power factor	≥0.99	
Controller	THD	≤5%	
	Signal input	5 A/Battery temp., ambient temp., ambient humidity, temp1, temp2 9 DI/Water, smoke, gate, 6 common DO	
	Alarm output	6 dry contact	
	Communication port	RS232/485, FE	
	Display mode	LCD	
Environment	Operating temperature	–40℃–+55℃	
	Storage temperature	–40℃–+70℃	
	Operating humidity	5%–95% (non-condensing)	
	Altitude	0–4000m (If the altitude is within the range of 3000m to 4000m, the maximum operating temperature decreases by 1℃ as the altitude increases by 200m.)	

Remark: Optional rectifiers with power efficiency >92% are available for this system.

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2014. All rights reserved.

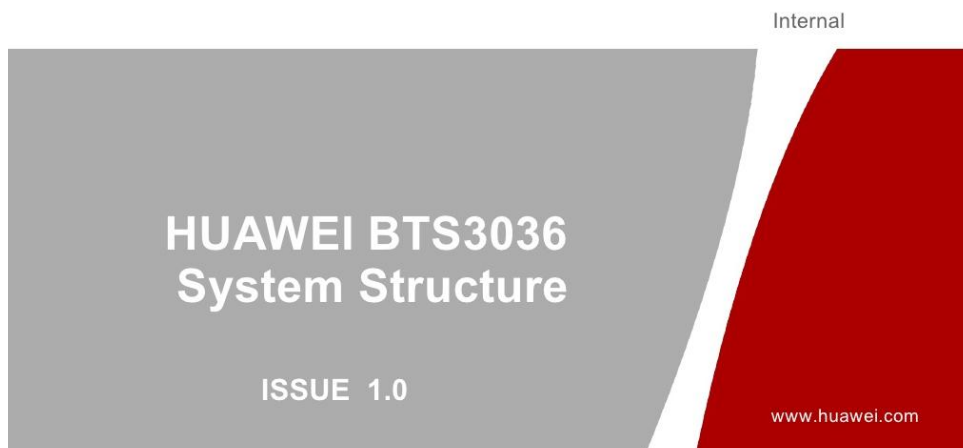
No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means without prior written consent of Huawei Technologies Co., Ltd.

General Disclaimer

The information in this document may contain predictive statements including, without limitation, statements regarding the future financial and operating results, future product portfolio, new technology, etc. There are a number of factors that could cause actual results and developments to differ materially from those expressed or implied in the predictive statements. Therefore, such information is provided for reference purposes only and constitutes neither an offer nor an acceptance. Please refer to the information on www.huawei.com for details.

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.

Huawei Industrial Base
Bantian Longgang
Shenzhen 518129, P.R. China
Tel: +86-755-28780808
www.huawei.com



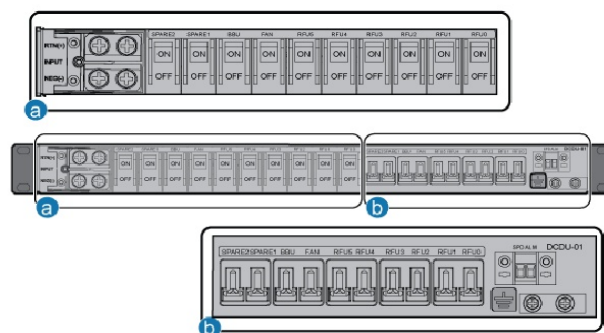
HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. All rights reserved



3.1 Function of DCDU (10 Outputs)

- The DCDU provides one input and 10 outputs and distributes the -48 V DC power to the BBU, DRFU, and fan box in the cabinet.

DCDU (10 outputs)



3.2 Specification of DCDU(10 Outputs)

Item		Specifications
Dimensions		Module: 442.0 mm (W) x 42.0 mm (H)
Weight		≤ 3kg
Working voltage	Normal value	-48 V DC
	Permissible Range	-38.4 V DC to -57 V DC

3.4 Panel of DCDU (four outputs)

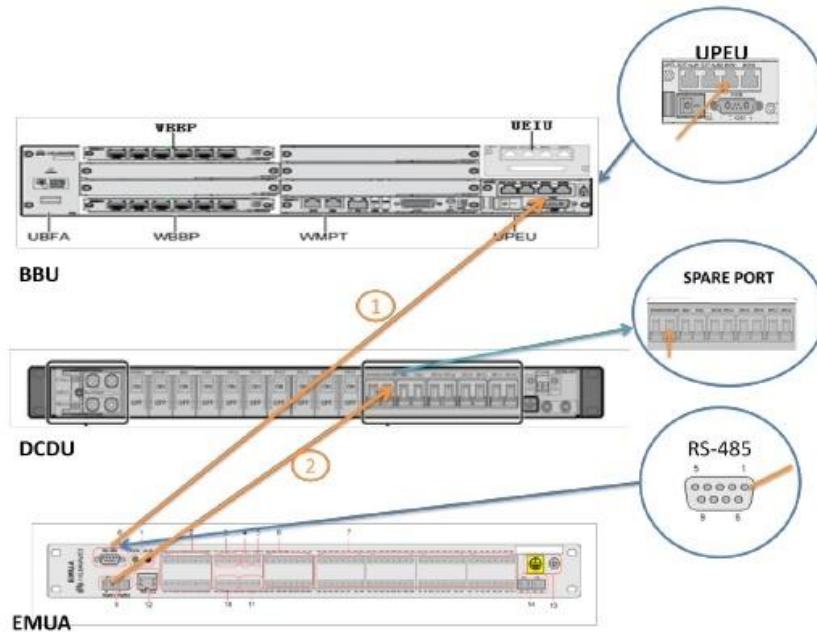
Name	Label	Description
Power input terminal	NEG(-)	DCDU low level input terminal
	RTN(+)	DCDU high level input terminal
Power output port	SPARE2, SPARE1, BBU, FAN, and RFU5- RFU0	Power ports supplying the 10 outputs of power to the BBU, DRFU, GATM, and fan box
Power switch	SPARE2, SPARE1, BBU, FAN, and RFU5- RFU0	Power switch controlling the 10 outputs for the BBU, DRFU, GATM, and fan box
Alarm output port	RFU0 SPD ALM	Dry contact alarm output port



OPTUS Metro Swap Project EMUA Quick Installation Manual for BTS3900L V2.0

Revision:			
Version	Date	Comment	Author
v1.0	17/10/2011	EMUA Cable connection for BTS3900L (transmission and power)	Alex Cheng
V2.0	23/11/2011	Update EMUA Cable connection, position in cabinet, and external alarm cable connection	Alex Cheng

EMUA Power and Signal Cable Connection Instruction:



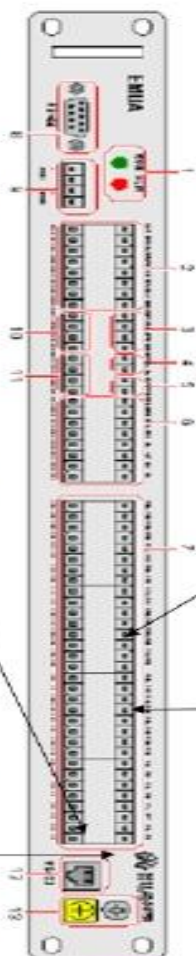
The transmission cable and power cable are connected according to this graph. For the transmission cable, the two ends are with different type. One end is RS485 which connects to RS485 port on EMUA and the other end is RJ45 which connects to UPEN (MON1).

1. Transmission cable connection: from **RS485** on EMUA to **MON1** on UPEU.
2. Power cable connection: from **PWR1** on EMUA to **SPARE PORT** on DCU.

***If there are two BBUs in one cabinet, connect EMUA to the BBU which connects to U2100. If there is no U2100, connect to the BBU which connects to U900.**

(Reserved for 10 per cable & alarm capacity is not sufficient)						
820+	828	830+	839	839+	830	831+
830+	834+	835+	835	836+	836	837+
837+	837	(Reserved for 10 per cable)				
Alarm 25	grey					

Atom 18		Atom 19		Atom 20		Atom 21	
purple	blue	purple	orange	purple	green	purple	brown
S0+	S0-	S2+	S2-	S2+	S2-	S2+	S2-
S6+	S6-	S7+	S7-	S8+	S8-	S9+	S9-
yellow	orange	yellow	green	yellow	brown	yellow	grey



Airm 14		Airm 15		Airm 16	
black	green	black	grey	yellow	blue
S10	S12	S13	S14	S15	S16
red	red	red	red	red	red
S20	S22	S23	S24	S25	S26
red	red	red	red	red	red
S30	S32	S33	S34	S35	S36
red	red	red	red	red	red
S40	S42	S43	S44	S45	S46
red	red	red	red	red	red
S50	S52	S53	S54	S55	S56
red	red	red	red	red	red
S60	S62	S63	S64	S65	S66
red	red	red	red	red	red
S70	S72	S73	S74	S75	S76
red	red	red	red	red	red
S80	S82	S83	S84	S85	S86
red	red	red	red	red	red
S90	S92	S93	S94	S95	S96
red	red	red	red	red	red
S100	S102	S103	S104	S105	S106

Algen 5		Algen 6		Algen 7		Algen 8	
white	grey	red	blue		orange	red	green
94A	94L	95A	95	96A	96	97A	97
98A	98L	99A	99	100A	100	101A	101
white	blue	white	orange	white	green	white	brown

61

EMUA Quick Installation Manual for BTS3900L

Alarm Description	Alarm ID on BTS	EMUA Port	Cable Colour from EMUA to Krone S+ S-	Alarm Number at NOC	Krone Connection Point	Krone Jumper Point	Alarm Severity
Door Alarm	65343	S0	White/Blue-Blue/White	1	1A-1B	51A-51B	Major
ODC Fan Fail	65414	S1	White/Orange-Orange/White	2	2A-2B	55A-55B	Critical
AC Mains Fail	65344	S2	White/Green-Green/White	3	3A-3B	52A-52B	Critical
Smoke Alarm	65345	S3	White/Brown-Brown/White	4	4A-4B	53A-53B	Critical
ODC Air Conditioner Fail	65415	S4	White/Slate-Slate/White	5	5A-5B	56A-56B	Critical
Room High Temperature	65346	S5	Red/Blue-Blue/Red	6	6A-6B	54A-54B	Critical
Eltek DC Urgent	65336	S6	Red/Orange-Orange/Red	7	7A-7B	71A-71B	Critical
Eltek DC Non Urgent	65337	S7	Red/Green-Green/Red	8	8A-8B	72A-72B	Minor
Eltek Fuse Fail	65338	S8	Red/Brown-Brown/Red	9	9A-9B	73A-73B	Major
Eltek Low Load	65339	S9	Red/Grey-Grey/Red	10	10A-10B	74A-74B	Major
Eltek Battery Test	65340	S10	Black/Blue-Blue/Black	11	11A-11B	75A-75B	Major
Eltek Rectifier Fail	65341	S11	Black/Orange-Orange/Black	12	12A-12B	76A-76B	Critical
Eltek CPU Fail	65342	S12	Black/Green-Green/Black	13	13A-13B	77A-77B	Major
Misc Rack Urgent	65347	S13	Yellow/Orange-Orange/Yellow	17	17A-17B	Not Used	Major
Misc Rack Non Urgent	65348	S17	Yellow/Green-Green/Yellow	18	18A-18B	Not Used	Minor
Aircraft Warning Light Lamp Fail	65349	S18	Yellow/Grey-Grey/Yellow	20	20A-20B	60A-60B	Critical
Aircraft Warning Low Volts	65350	S20	Purple/Blue-Blue/Purple	21	21A-21B	59A-59B	Critical
MHA Urgent	65334	S21	Purple/Orange-Orange/Purple	22	22A-22B	63A-63B	Major
MHA Non Urgent	65335	S22	Purple/Green-Green/Purple	23	23A-23B	64A-64B	Minor
Dehydrator	65351	S23	Purple/Brown-Brown/Purple	24	24A-24B	58A-58B	Major
2nd DC Supply DC Urgent	65402	S24	Purple/Grey-Grey Purple	25	25A-25B	DOA	Critical
2nd DC Supply DC Non Urgent	65403	S25	White/Blue	26	26A-26B	DOA	Minor
2nd DC Supply Fuse Fail	65404	S26	White/Orange	27	27A-27B	DOA	Major
2nd DC Supply Low Load	65405	S27	White Green	28	28A-28B	DOA	Major
2nd DC Supply Battery Test Active	65406	S28	White/Brown	29	29A-29B	DOA	Major
2nd DC Supply Rectifier Fail	65407	S29	White/Grey	30	30A-30B	DOA	Critical
2nd DC Supply CPU Fail	65408	S30	White-White/Blue	31	31A-31B	DOA	Major

ANEXO H.- DATASHEET DE CABLE JUMPER DE ½"



HELIAx® Coaxial Cables

1/2" Foam Dielectric,
LDF Series – 50-ohm



LDF4-50A

Description	Type No.
Cable Ordering Information	
Standard Cable	
1/2" Standard Cable, Standard Jacket	LDF4-50A
Fire Retardant Cables	
1/2" Fire Retardant Jacket (CATVX)	LDF4FR-50A
1/2" Fire Retardant Jacket (CATVR)	LDF4FR-50A
Low VSWR and Specialized Cables	
1/2" Low VSWR, specify operating band	LDF4P-50A-(**)
Phase Stabilized and Phase Measured Cable	See page 590
Jumper Cable Assemblies – See page 584	
Characteristics	
Electrical	
Impedance, ohms	50 ± 1
Maximum Frequency, GHz	8.8
Velocity, percent	88
Peak Power Rating, kW	40
dc Resistance, ohms/1000 ft (1000 m)	
Inner	0.45 (1.48)
Outer	0.58 (1.90)
dc Breakdown, volts	4000
Jacket Spark, volts RMS	8000
Capacitance, pF/ft (m)	23.1 (75.8)
Inductance, pH/ft (m)	0.058 (0.19)
Mechanical	
Outer Conductor	Copper
Inner Conductor	Copper-Clad Aluminum
Diameter over Jacket, in (mm)	0.63 (16)
Diameter over Copper Outer Conductor, in (mm)	0.55 (14)
Diameter Inner Conductor, in (mm)	0.189 (4.8)
Nominal Inside Transverse Dimensions, cm	1.11
Minimum Bending Radius, in (mm)	5 (125)
Number of Bends, minimum (typical)	15 (50)
Bending Moment, lb-ft (N-m)	2.8 (3.8)
Cable Weight, lb/ft (kg/m)	0.15 (0.22)
Tensile Strength, lb (kg)	250 (113)
Flat Plate Crush Strength, lb/in (kg/mm)	110 (2.0)

** Insert suffix number from "Low VSWR Specifications" table, page 498

Attenuation and Average Power Ratings

Frequency MHz	Attenuation dB/100 ft	Attenuation dB/100 m	Average Power, kW
0.5	0.045	0.149	40.0
1	0.064	0.211	35.8
1.5	0.079	0.259	29.2
2	0.091	0.299	25.3
10	0.206	0.672	11.3
20	0.291	0.954	7.93
30	0.357	1.17	6.46
50	0.463	1.52	4.98
88	0.679	2.03	3.73
100	0.661	2.17	3.49
108	0.688	2.26	3.36
150	0.815	2.67	2.83
174	0.880	2.89	2.62
200	0.946	3.10	2.44
300	1.17	3.83	1.97
400	1.36	4.46	1.70
450	1.45	4.75	1.59
500	1.53	5.02	1.51
512	1.55	5.08	1.49
600	1.69	5.53	1.37
700	1.83	6.01	1.26
800	1.97	6.46	1.17
824	2.00	6.56	1.15
894	2.09	6.85	1.10
960	2.17	7.12	1.06
1000	2.22	7.28	1.04
1250	2.51	8.23	0.921
1500	2.77	9.09	0.833
1700	2.97	9.74	0.777
1800	3.07	10.1	0.753
2000	3.25	10.7	0.710
2100	3.34	11.0	0.691
2200	3.43	11.2	0.673
2300	3.52	11.5	0.657
3000	4.09	13.4	0.565
3400	4.39	14.4	0.526
4000	4.82	15.8	0.479
5000	5.49	18.0	0.421
6000	6.11	20.1	0.378
8000	7.26	23.8	0.318
8800	7.69	25.2	0.300

Standard Conditions:

For attenuation, VSWR 1.0, ambient temperature 20°C (68°F).

For Average Power, VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F), no solar loading.

ANEXO I.- TABLA DE TRAFICO DE ERLANG B

Erlang B Traffic Table

N/B	Maximum Offered Load Versus B and N											
	B is in %											
	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51	29.50
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15
21	8.319	9.501	10.11	11.86	12.84	14.04	16.19	18.65	20.77	22.85	27.33	32.81
22	8.946	10.18	10.81	12.64	13.65	14.90	17.13	19.69	21.90	24.06	28.74	34.46
23	9.583	10.87	11.52	13.42	14.47	15.76	18.08	20.74	23.03	25.28	30.15	36.12
24	10.23	11.56	12.24	14.20	15.30	16.63	19.03	21.78	24.16	26.50	31.56	37.78
25	10.88	12.26	12.97	15.00	16.13	17.51	19.99	22.83	25.30	27.72	32.97	39.44
26	11.54	12.97	13.70	15.80	16.96	18.38	20.94	23.89	26.43	28.94	34.39	41.10
27	12.21	13.69	14.44	16.60	17.80	19.27	21.90	24.94	27.57	30.16	35.80	42.76
28	12.88	14.41	15.18	17.41	18.64	20.15	22.87	26.00	28.71	31.39	37.21	44.41
29	13.56	15.13	15.93	18.22	19.49	21.04	23.83	27.05	29.85	32.61	38.63	46.07
30	14.25	15.86	16.68	19.03	20.34	21.93	24.80	28.11	31.00	33.84	40.05	47.74
31	14.94	16.60	17.44	19.85	21.19	22.83	25.77	29.17	32.14	35.07	41.46	49.40
32	15.63	17.34	18.21	20.68	22.05	23.73	26.75	30.24	33.28	36.30	42.88	51.06
33	16.34	18.09	18.97	21.51	22.91	24.63	27.72	31.30	34.43	37.52	44.30	52.72
34	17.04	18.84	19.74	22.34	23.77	25.53	28.70	32.37	35.58	38.75	45.72	54.38
35	17.75	19.59	20.52	23.17	24.64	26.44	29.68	33.43	36.72	39.99	47.14	56.04
36	18.47	20.35	21.30	24.01	25.51	27.34	30.66	34.50	37.87	41.22	48.56	57.70
37	19.19	21.11	22.08	24.85	26.38	28.25	31.64	35.57	39.02	42.45	49.98	59.37
38	19.91	21.87	22.86	25.69	27.25	29.17	32.62	36.64	40.17	43.68	51.40	61.03
39	20.64	22.64	23.65	26.53	28.13	30.08	33.61	37.72	41.32	44.91	52.82	62.69
40	21.37	23.41	24.44	27.38	29.01	31.00	34.60	38.79	42.48	46.15	54.24	64.35
41	22.11	24.19	25.24	28.23	29.89	31.92	35.58	39.86	43.63	47.38	55.66	66.02
42	22.85	24.97	26.04	29.09	30.77	32.84	36.57	40.94	44.78	48.62	57.08	67.68
43	23.59	25.75	26.84	29.94	31.66	33.76	37.57	42.01	45.94	49.85	58.50	69.34

44	24.33	26.53	27.64	30.80	32.54	34.68	38.56	43.09	47.09	51.09	59.92	71.01
45	25.08	27.32	28.45	31.66	33.43	35.61	39.55	44.17	48.25	52.32	61.35	72.67
46	25.83	28.11	29.26	32.52	34.32	36.53	40.55	45.24	49.40	53.56	62.77	74.33
47	26.59	28.90	30.07	33.38	35.22	37.46	41.54	46.32	50.56	54.80	64.19	76.00
48	27.34	29.70	30.88	34.25	36.11	38.39	42.54	47.40	51.71	56.03	65.61	77.66
49	28.10	30.49	31.69	35.11	37.00	39.32	43.53	48.48	52.87	57.27	67.04	79.32
50	28.87	31.29	32.51	35.98	37.90	40.26	44.53	49.56	54.03	58.51	68.46	80.99
51	29.63	32.09	33.33	36.85	38.80	41.19	45.53	50.64	55.19	59.75	69.88	82.65
52	30.40	32.90	34.15	37.72	39.70	42.12	46.53	51.73	56.35	60.99	71.31	84.32
53	31.17	33.70	34.98	38.60	40.60	43.06	47.53	52.81	57.50	62.22	72.73	85.98
54	31.94	34.51	35.80	39.47	41.51	44.00	48.54	53.89	58.66	63.46	74.15	87.65
55	32.72	35.32	36.63	40.35	42.41	44.94	49.54	54.98	59.82	64.70	75.58	89.31
56	33.49	36.13	37.46	41.23	43.32	45.88	50.54	56.06	60.98	65.94	77.00	90.97
57	34.27	36.95	38.29	42.11	44.22	46.82	51.55	57.14	62.14	67.18	78.43	92.64
58	35.05	37.76	39.12	42.99	45.13	47.76	52.55	58.23	63.31	68.42	79.85	94.30
59	35.84	38.58	39.96	43.87	46.04	48.70	53.56	59.32	64.47	69.66	81.27	95.97
60	36.62	39.40	40.80	44.76	46.95	49.64	54.57	60.40	65.63	70.90	82.70	97.63
61	37.41	40.22	41.63	45.64	47.86	50.59	55.57	61.49	66.79	72.14	84.12	99.30
62	38.20	41.05	42.47	46.53	48.77	51.53	56.58	62.58	67.95	73.38	85.55	101.0
63	38.99	41.87	43.31	47.42	49.69	52.48	57.59	63.66	69.11	74.63	86.97	102.6
64	39.78	42.70	44.16	48.31	50.60	53.43	58.60	64.75	70.28	75.87	88.40	104.3
65	40.58	43.52	45.00	49.20	51.52	54.38	59.61	65.84	71.44	77.11	89.82	106.0
66	41.38	44.35	45.85	50.09	52.44	55.33	60.62	66.93	72.60	78.35	91.25	107.6
67	42.17	45.18	46.69	50.98	53.35	56.28	61.63	68.02	73.77	79.59	92.67	109.3
68	42.97	46.02	47.54	51.87	54.27	57.23	62.64	69.11	74.93	80.83	94.10	111.0
69	43.77	46.85	48.39	52.77	55.19	58.18	63.65	70.20	76.09	82.08	95.52	112.6
70	44.58	47.68	49.24	53.66	56.11	59.13	64.67	71.29	77.26	83.32	96.95	114.3
71	45.38	48.52	50.09	54.56	57.03	60.08	65.68	72.38	78.42	84.56	98.37	116.0
72	46.19	49.36	50.94	55.46	57.96	61.04	66.69	73.47	79.59	85.80	99.80	117.6
73	47.00	50.20	51.80	56.35	58.88	61.99	67.71	74.56	80.75	87.05	101.2	119.3
74	47.81	51.04	52.65	57.25	59.80	62.95	68.72	75.65	81.92	88.29	102.7	120.9
75	48.62	51.88	53.51	58.15	60.73	63.90	69.74	76.74	83.08	89.53	104.1	122.6
76	49.43	52.72	54.37	59.05	61.65	64.86	70.75	77.83	84.25	90.78	105.5	124.3
77	50.24	53.56	55.23	59.96	62.58	65.81	71.77	78.93	85.41	92.02	106.9	125.9
78	51.05	54.41	56.09	60.86	63.51	66.77	72.79	80.02	86.58	93.26	108.4	127.6
79	51.87	55.25	56.95	61.76	64.43	67.73	73.80	81.11	87.74	94.51	109.8	129.3
80	52.69	56.10	57.81	62.67	65.36	68.69	74.82	82.20	88.91	95.75	111.2	130.9
81	53.51	56.95	58.67	63.57	66.29	69.65	75.84	83.30	90.08	96.99	112.6	132.6
82	54.33	57.80	59.54	64.48	67.22	70.61	76.86	84.39	91.24	98.24	114.1	134.3
83	55.15	58.65	60.40	65.39	68.15	71.57	77.87	85.48	92.41	99.48	115.5	135.9
84	55.97	59.50	61.27	66.29	69.08	72.53	78.89	86.58	93.58	100.7	116.9	137.6
85	56.79	60.35	62.14	67.20	70.02	73.49	79.91	87.67	94.74	102.0	118.3	139.3
86	57.62	61.21	63.00	68.11	70.95	74.45	80.93	88.77	95.91	103.2	119.8	140.9
87	58.44	62.06	63.87	69.02	71.88	75.42	81.95	89.86	97.08	104.5	121.2	142.6
88	59.27	62.92	64.74	69.93	72.82	76.38	82.97	90.96	98.25	105.7	122.6	144.3
89	60.10	63.77	65.61	70.84	73.75	77.34	83.99	92.05	99.41	107.0	124.0	145.9
90	60.92	64.63	66.48	71.76	74.68	78.31	85.01	93.15	100.6	108.2	125.5	147.6
91	61.75	65.49	67.36	72.67	75.62	79.27	86.04	94.24	101.8	109.4	126.9	149.3
92	62.58	66.35	68.23	73.58	76.56	80.24	87.06	95.34	102.9	110.7	128.3	150.9
93	63.42	67.21	69.10	74.50	77.49	81.20	88.08	96.43	104.1	111.9	129.8	152.6
94	64.25	68.07	69.98	75.41	78.43	82.17	89.10	97.53	105.3	113.2	131.2	154.3
95	65.08	68.93	70.85	76.33	79.37	83.13	90.12	98.63	106.4	114.4	132.6	155.9
96	65.92	69.79	71.73	77.24	80.31	84.10	91.15	99.72	107.6	115.7	134.0	157.6
97	66.75	70.65	72.61	78.16	81.25	85.07	92.17	100.8	108.8	116.9	135.5	159.3
98	67.59	71.52	73.48	79.07	82.18	86.04	93.19	101.9	109.9	118.2	136.9	160.9
99	68.43	72.38	74.36	79.99	83.12	87.00	94.22	103.0	111.1	119.4	138.3	162.6
100	69.27	73.25	75.24	80.91	84.06	87.97	95.24	104.1	112.3	120.6	139.7	164.3

N is the number of servers. The numerical column headings indicate blocking probability B in %. Table generated by Dan Dexter